

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

АНТОНЮК Єлизавета Михайлівна

Адаптивне управління проектом смарт теплиці / Adaptive
Project Management for the Smart Greenhouse

спеціальність: 122 - Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма – Управління проектами

Кваліфікаційна робота

Виконала студентка групи
КНУПм-21
Є.М. Антонюк

Науковий керівник:
к.т.н., ст. викладач Домбровський М.З.

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
«___» _____ 2021 р.
Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар

ТЕРНОПІЛЬ – 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕПЛИЦЬ ТА ЇХ УПРАВЛІННЯ ЯК ПРОДУКТУ ПРОЄКТУ.....	9
1.1 Теплиця та засоби керування її кліматом	9
1.2 Концепції управління проєктами.....	17
1.3 Вибір перспективного напрямку дослідження	23
Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ДИЗАЙНУ ТА МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ КОНФІГУРАЦІЄЮ ПРОЄКТУ СМАРТ ТЕПЛИЦІ	27
2.1 Інтелектуальні технології управління мікрокліматом теплиці	27
2.2 Моделювання структури системи управління мікрокліматом смарт теплиці на основі UML	32
2.3 Адаптивний метод управління проєктом.....	39
Висновки до розділу 2	44
РОЗДІЛ 3 АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ СМАРТ ТЕПЛИЦІ	45
3.1 Планування адаптивної структури управління проєктом смарт теплиці	45
3.2 Розробка конфігурації продукту проєкту смарт теплиці	50
3.3 Планування виконання проєкту	58
Висновки до розділу 3	63
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТОК А Лістинги коду	70
ДОДАТОК Б Копії публікацій автора	79
ДОДАТОК В Довідка про використання	84

ВСТУП

Актуальність теми. Кожного року населення планети Земля зростає. Нещодавно ця позначка досягнула відмітки семи мільярдів людей та згідно із коефіцієнту приросту населення досягне восьми мільярдів [1]. І зараз, як ніколи гостро, постає проблема зі повноцінним харчуванням такої великої кількості осіб. На жаль, дуже часто природа вносить негативні корективи в погодні умови, котрі знищують майже половину збору або й навіть більше. Для вирішення цієї поставленої задачі використовують теплиці. Тенденція кількості теплиць невпинно збільшується, із нею активізується і асортимент сільськогосподарських культур, котрі починають вирощувати в цих промислових приміщеннях.

Проте, для якісного та хорошого врожаю в теплицях потрібні системи керування мікрокліматом.

Пріоритетним напрямком державної політики є розвиток інноваційної діяльності у промисловості України. Відповідно до «Стратегії розвитку промислового комплексу України до 2025 року», передбачається впровадження новітніх комп'ютерних технологій, адже автоматизація мінімізує ризик людських помилок та при цьому покращить самі умови праці персоналу та підвищить культуру виробництва [2].

Завдяки швидким темпам розвитку інформаційних та комунікаційних технологій, появі нових і бюджетних мікропроцесорних пристроїв моніторингу та керування технологічними процесами з вирощування сільськогосподарської продукції, можна досягти бажаного ефекту підвищення ефективності та продуктивності тепличних комплексів.

Метою роботи є розробка адаптивної системи управління проектом смарт теплиць, яка буде підтримувати оптимальний мікроклімат для вирощування різних культур.

Завдання роботи:

- огляд предметної області;
- аналіз існуючих систем смарт теплиць;
- постановка задачі дослідження;

- адаптивні структури управління проектами
- моделювання системи управління мікрокліматом;
- планування адаптивного управління проектом смарт теплиці.

Об'єктом дослідження процеси управління проектами.

Предмет дослідження - адаптивне управління проектом смарт теплиці.

Практичне значення результату роботи. Результати роботи можуть застосовуватися в будь-якому тепличному господарстві, власник якого бажає автоматизувати процеси управління мікрокліматом, що спрямовані на підвищення врожайності теплиці.

Публікації та апробація. Основні положення кваліфікаційної роботи апробовано на міжнародній науковій інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення», що проходила 15 вересня 2021 року [3]. Зміст публікації можна переглянути за наступним посиланням: <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-144/> та у додатку Б. А також апробовано на міжнародній науково-практичній студентській конференції «Лінгвокультурні коди в економічно-правовому та соціальному дискурсах», що проходила 2 червня 2018 року у м. Тернополі на базі Західноукраїнського національного університету [4].

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕПЛИЦЬ ТА ЇХ УПРАВЛІННЯ ЯК ПРОДУКТУ ПРОЄКТУ

1.1 Теплиця та засоби керування її кліматом

Теплиця – конструкція зі стінами та дахом, зроблена з прозорого матеріалу, в яких вирощують рослини, які потребують регульованих кліматичних умов. Конструкції теплиць можуть бути розміром від невеликих до промислових приміщень. Мініатюрна теплиця відома як парник. Температура всередині теплиці за рахунок сонячного світла стає вищою, ніж температура навколишнього середовища назовні в холодну погоду.

Багато сучасних теплиць є високотехнологічними виробничими приміщеннями для вирощування овочів або квітів. Технологічне обладнання теплиць включає екрануючі установки, системи опалення, охолодження, освітлення і можуть керуватися комп'ютером для оптимізації умов росту рослин.

Для оптимізації парникового мікро-клімату (тобто температури повітря, відносної вологості і дефіциту тиску пари) використовують різні методи, щоб зменшити ризик виробництва конкретної культури.

Теплиці класифікують за кількома ознаками [28]:

- технологією вирощування;
- розміром;
- будовою каркасів.

За технологією вирощування теплиці розрізняють:

- ґрунтові;
- стелажні.

За розміром розрізняють такі види теплиць:

- тепличні комплекси (від 0,5 га.);
- фермерські теплиці (від 500 до 5000 га.);
- індивідуальні теплиці (до 500 га.).

Тепличні комплекси, як правило, складаються з блоків (групи теплиць). Головне призначення цих комплексів - це виробництво сільськогосподарської

продукції для забезпечення потреб населення. Так як тепличні комплекси великі за розмірами, то обслуговуються вони професійними адміністративними, агрономічними і технічними службами.

Фермерські теплиці, як правило, використовуються для вирощування окремих сільськогосподарських культур із метою подальшого збуту. Основні вимоги: забезпечення невеликого асортименту, отримання належної якості та прийнятної врожайності продукції та її низька собівартість.

За будовою каркасу розрізняють такі конструкції теплиць [29]:

- одно- або двосхила;
- аркова;
- багатокутна;
- куполоподібна.

Універсальною конструкцією теплиці є аркова форма (рис. 1.1) яка підходить, як для малих ділянок, так і для вирощування овочів в промислових масштабах у великих обсягах. Окрім цього, конструкція вважається однією з найбільш надійних і довговічних.



Рисунок 1.1 - Теплиця аркової конструкції

Ще одна поширена і проста конструкція теплиці – односхила теплиця. Таку модель споруди можна побудувати біля будинку або будь-якої господарської будівлі. Односхила теплиця являє собою одну похилу площину, що примикає до опорної стіни. Завдяки такій опорі значно скорочуються витрати на каркас.

На конструкцію теплиці в значній мірі впливають погодні умови, а саме: кількість опадів, силу вітру та його напрямок, кількість сонячного світла, максимальні та мінімальні температури; також врахувати якість ґрунту, промерзання землі, нахил ділянки, глибину залягання ґрунтових вод, наявність джерел водопостачання та ін. Ще необхідно наперед передбачити прогресивні технології та технічні рішення, що забезпечить підвищення врожайності, економію паливних та енергетичних ресурсів, ефективне використання капітальних вкладень, зниження собівартості продукції, створення сприятливих умов праці та охорону навколишнього середовища.

Існує всього три види покриття для теплиць. Усі вони здатні якісно виконувати основне завдання – захищати рослини від згубного для них впливу навколишнього середовища.

Покриття виготовляють з:

- полікарбонату;
- скла;
- поліетиленової плівки.

Скло – негнучкий матеріал, тому підходить тільки для односхилих і двосхилих конструкцій. Її можна без особливих зусиль зібрати самостійно. Тому основна перевага цих конструкцій – бюджетність. Стільниковий полікарбонат, завдяки своїй порожнистимі структурі, здатний добре утримувати тепло. Причина в тому, що в просторі між «сотами» знаходиться повітря. Саме він є найкращим акумулятором тепла. Найпопулярніший матеріал для покриття теплиць для власних цілей – поліетилен. Якщо раніше вибір був однозначний (щільний поліетилен), то сьогодні можна вибирати з декількох видів цього матеріалу.

На сьогодні фермери не затримуються на ретроспективних технологіях, а засвоюють нові технології для впровадження тепличного бізнесу. Прикладом цих нововведень є вертикальні теплиці, або вертикальні ферми, для побудови яких не потрібно займати багато площі на поверхні землі (рис. 1.2). Власники цих теплиць отримують великий обсяг завдяки використанню вертикального розміщення у просторі. Також багато видів рослин можна культивувати навіть не на землі, а на гідропоніці та інших, інноваційних технологіях. Такий вид аграрної підприємницької діяльності стає дуже популярним у всьому світі.



Рисунок 1.2 - Вертикальні теплиці

Важлива складова будь-якої теплиці — це система опалення, до вибору якої необхідно особливо уважно підійти з урахуванням кліматичних умов регіону, наявності енергоресурсів (тобто палива), планів щодо експлуатації, площі опалювального приміщення, ступеню ізоляції будівлі, наявності альтернативних джерел тепла та можливість їх використовувати.

Основне завдання системи опалення — це забезпечення заданого температурного режиму, особливо в осінньо-зимовий період, коли це необхідно.

До ефективних способів обігріву теплиць можна віднести:

- пічне опалення, в тому числі з повітряним і водяним контуром;
- водяне опалення на основі твердопаливного, газового або електричного котла;
- обігрів за допомогою газової пушки;
- обігрів за допомогою конвекторів або інфрачервоних обігрівачі;
- підігрів ґрунту за допомогою грючого кабелю або трубами водяного опалення.

Кожному із перерахованих типів притаманні свої характеристики (таблиця 1.1), які потрібно враховувати, обираючи обладнання [33].

Таблиця 1.1 – Порівняння варіантів опалення теплиці

Варіант опалювальної системи	Орієнтовна ціна за зимовий період та холодні місяці весни і осені, грн.*	Енергоспоживання, Вт *год/10 м ²	Час	Площа, яка обігрівається, м ² (при висоті стелі 4 м)	Вартість монтажу, грн. (з урахуванням ціна обладнання)**
Повітряне	83 000	13200	20–40 хвилин	100	від 16 000
Водне	103 000	14150	3–4 години	100	від 16 000
Інфрачервоні обігрівачі	37 000	9600	15–20 хвилин	100	від 20 000

Для забезпечення необхідних параметрів температури та вологості, в теплиці використовується система вентиляційних фрауг та рециркуляційних вентиляторів (рис.1.3 та рис.1.4).



Рисунок 1.3 – Вентиляційні фрамуги



Рисунок 1.4 – Рециркуляційний вентилятор

Для штучного переміщення повітря в теплиці та вирівнювання температури по всій площі об'єкту, ліквідації зон з підвищеною вологістю - застосовують рециркуляційні вентилятори. Природне провітрювання забезпечується фрамугами розташованими на даху і бокових та фронтальних стінках теплиці. Кут підняття та площа отвору регулюється в залежності від температури повітря, швидкості вітру.

Автоматичне відкривання та закривання фрамуг забезпечується автоматичною системою клімат-контролю (рис. 1.5).

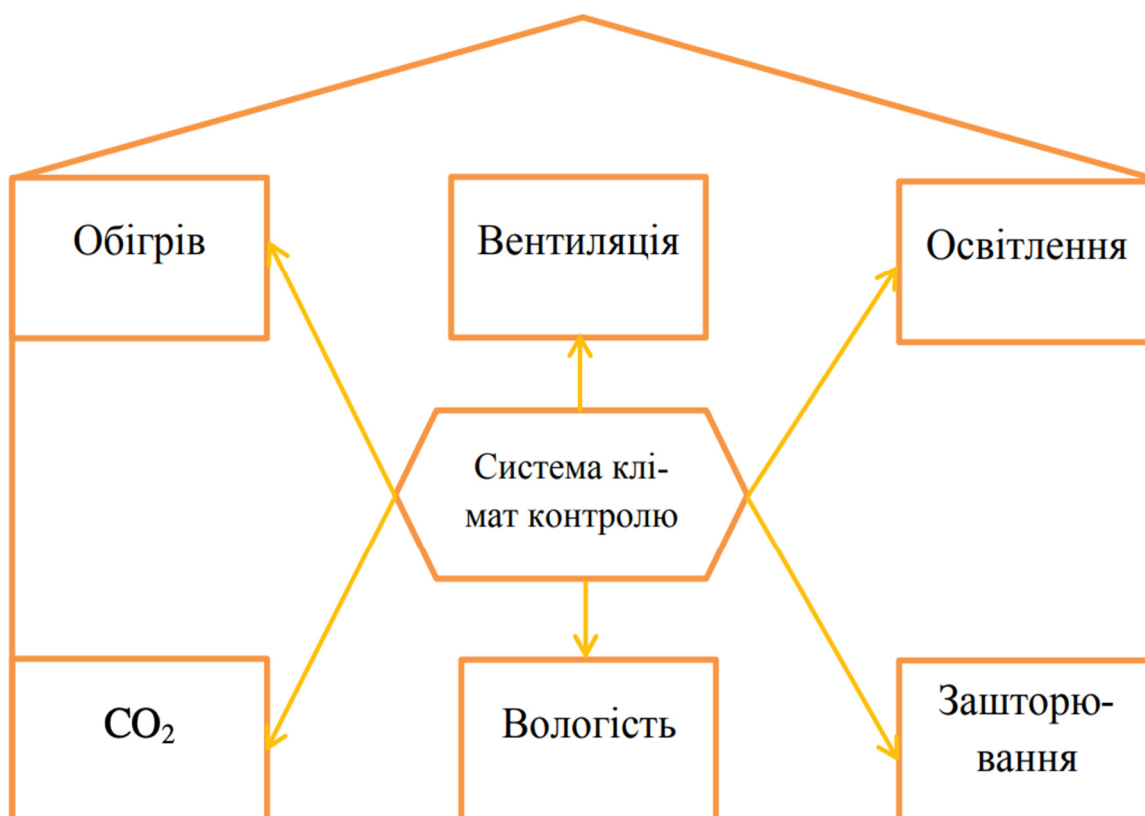


Рисунок 1.5 – Система клімат-контролю

Відомо, що у зимовий період набагато менше природного світла. Тому для нормального росту рослин використовується система додаткового освітлення (рис. 1.6). Спеціальні фітосвітильники, засновані на світлодіодах, які з'явилися у останні роки, стали одними з найбільш задіяних у цій сфері. Вони створюють світло, яке потрібно рослинам, не провокують негативних ефектів та можуть експлуатуватися цілодобово, оскільки споживають вкрай мало енергії. Інтенсивність світла також регулюється в автоматичному режимі.

Діоди надають необхідний спектр освітлення для швидкого росту рослин, з їх допомогою легко контролювати вироблення світла для різних завдань. Світильник складається з певної кількості світлодіодів і кріпиться на необхідній висоті, щоб забезпечити рослині оптимальні умови зростання. Так як LED лампи дають малу кількість тепла, їх можна розміщувати близько до культур [34].



Рисунок 1.6 – Система додаткового освітлення

Крім мінеральних і органічних добрив, поливу і температурного режиму рослинам необхідний вуглекислий газ.

Система подачі CO₂ складається з пристроїв відбору димових газів від конденсатора з подальшою подачею в теплицю по трубопроводах змінного по довжині перетину з ємкістю для збору конденсату.

Відбір вуглекислого газу проводиться від конденсатора вбудованим вентилятором. Необхідну концентрацію CO₂, дозуючий пристрій здійснює автоматично [35].

У систему обов'язково включена апаратура контролю складу газів, що автоматично припиняє подачу димових газів в теплицю при наявності в їх складі шкідливих для здоров'я людей домішок.

Система поливу для теплиці працює за рахунок гідравлічної установки, що подає воду до точок поливу (рис.1.7). Витрата і подачу води регулюють електромагнітні клапани, які управляються контролерами.



Рисунок 1.7 – Система поливу

Також додатково на систему крапельного зрошення можна встановити автономний таймер поливу на батарейках . Він дасть можливість один раз запрограмувати систему і бути впевненим в її автономності. Батарейок, як правило, вистачає на один сезон роботи (6 місяців). Автополив теплиць і парників дуже зручний для власників, які відвідують свою заміську ділянку час від часу, наприклад, тільки у вихідні дні.

1.2 Концепції управління проєктами

Менеджмент в будь-якій сфері – складна і неоднорідна діяльність, але, як показує практика, на 30-70% відсотків вона пов'язана з участю в проєктах.

Це і не дивно, адже значна частина сучасного бізнесу в Україні, європейському просторі та по всьому світі – проєктно-орієнтована. Якщо говорити про нашу країну, то ця частка наближається до позначки в 50% і аграрна сфера - не виняток. Рушійною силою такого великого коефіцієнту слугувало те, що дедалі більше компаній орієнтуються на створення принципово нових продуктів та послуг, на досягнення нових результатів у відомих сферах.

Проекти трансформувалися і це вже не просто набір технічної документації та кошторисів, а серйозні заходи, які націлені на реалізацію окремих цілей компанії. Від уміння реалізувати проєкт часто залежить успіх цілого підприємства. В зв'язку з цим, управління проєктами є актуальною та не менш важливою темою [13].

На сьогоднішній день існує безліч визначень поняття "проєкт". Розглянемо найбільш поширені з них. У 1987 року Інститутом управління проєктами (США) було запропоновано таке визначення: "Проєкт є завданням з певними вихідними даними і бажаними результатами цілями, які обумовлюють спосіб його вирішення". В літературі зустрічаються інші визначення поняття "проєкт", наприклад, "проєкт – обмежена в часі, цілеспрямована зміна окремої системи зі встановленими вимогами до якості результатів, з можливим обмеженням витрат коштів і ресурсів та зі специфічною організацією".

Пропоную керуватися поняттям, яке найближче до визначення, даного в методичних матеріалах: "Проєкт – це комплекс взаємопов'язаних заходів, розроблених для досягнення певних цілей протягом заданого часу при встановлених ресурсних обмеженнях" [14].

Проєкт, як і будь-яка діяльність, має ряд властивих ознак:

- обмежений час його виконання;
- ресурси (обмежені);
- результат проєкту – непередбачуваний і завжди унікальний.

Також важливо відзначити, що проєкт, на відміну від процесу, завжди має високу ступінь невизначеності, хоча і складається з відомих заздалегідь процесів.

Прикладом проєкту може бути: створення сервісу з продажу квитків, набір команди проєкту, розробка дизайну банерів для концерту, марафон [15].

За складністю проєкти поділяються на монопроєкти, мультипроєкти та мегапроєкти [16].

Монопроєкт – це окремий проєкт певного виду і масштабу.

Мультипроєкт – це комплексний проєкт, який складається з декількох монопроєктів, що вимагає багатопроєктного управління.

Мегапроект – це комплексний проект розвитку регіони секторів економіки тощо, який складається з декількох моно проектів та мультипроектів, об'єднаних однією метою.

За тривалістю проекти поділяються на короткострокові (до 3 років), середньострокові (від 3 до 5 років) та довгострокові (більше 5 років) [17].

Проект виконується та завершується відповідно до певних обмежень. Традиційно такими обмеженнями вважаються "зміст та межі", "час" та "вартість". Вони отримали назву "Трикутник управління проектами", де кожна сторона є певним обмеженням (рис. 1.8). Одна сторона трикутника не може бути змінена, щоб не вплинути на інші сторони.



Рисунок 1.8 - Трикутник управління проектами

На рисунку 1.1 ми наочно можемо побачити, якщо змінити хоча б одну грань трикутника управління проектом, це вплине на баланс інших граней.

Як зазначалося раніше, проект в теоретичному, технологічному та структурному плані представляє собою складне та багатофакторне утворення – систему. Крім того, має низку обмежень в часі, ресурсах, зовнішньому впливу та якості продукту. Відповідно, необхідність управління таким складним,

багатофункціональним явищем актуалізує виокремлення проблеми управління проектом в окрему важливу категорію знань проектного менеджменту. Це галузь знань з планування, організації та управління ресурсами з метою успішного досягнення цілей і розв'язання завдань проекту.

Сьогодні законодавцями і фундаторами у сфері теорії і практики управління проектами є Міжнародна асоціація управління проектами (International Project Management Association – IPMA) та Інститут проектного менеджменту (Project management institute – PMI) [19].

Заслуговує на увагу підхід фахівців Інституту управління проектами, які запропонували визначення терміна "управління проектом" – як мистецтво керування й координації людських і матеріальних ресурсів протягом життєвого циклу проекту, застосування системи сучасних методів і технік управління та мінімізації ризиків для досягнення визначених у проекті результатів за складом і обсягами робіт, якістю, часом, та вартістю.

Життєвий цикл проекту - це період часу від зародження ідеї проекту до його завершення, який можна розділити на відповідні фази або етапи. Він відображає розвиток проекту, роботи, які провадяться на різних стадіях підготовки, реалізації проекту та його експлуатації. Кожна фаза розробки і реалізації інноваційного проекту має свої цілі і завдання, які призводять до досягнення глобальної мети проекту[20].

У зарубіжній літературі з аналізу та управління проектами використовуються різні підходи при поділі реалізації проекту на фази. Так, у Німеччині переважає підхід, що ґрунтується на основній діяльності, – аналізі проблеми, розробці концепції та детальному поданні проекту, використанні результатів його реалізації, ліквідації об'єктів проекту [21].

У публікаціях деяких авторів пропонується розглядати три фази проекту – концептуальну, контрактну і фазу реалізації проекту. В свою чергу концептуальна фаза поділяється на такі стадії: розробка концепції проекту, оцінка життєздатності проекту, планування проекту, розробка вимог до проекту, вибір і придбання земельної ділянки. Контрактна фаза включає вироблення кваліфікаційних вимог, підготовку попереднього завдання на проектування, набір потенційних виконавців,

оформлення контракту з обраними виконавцями, вибір і затвердження кінцевого варіанту проєкту, початок реалізації проєкту. Фаза реалізації проєкту має дві стадії – детальне проєктування та поставки; будівництво або інсталяція [22].

Процеси управління проєктами можуть бути розбиті на п'ять основних груп, що реалізують різні функції управління:

- процеси ініціації - ухвалення рішення на початку виконання проєкту;
- процеси планування - визначення цілей і критеріїв успіху проєкту;
- процеси виконання - координація ресурсів для виконання плану;
- процеси управління і контролю - моніторинг, вимір ходу робіт, визначення необхідних коригуючих дій, їх узгодження і застосування;
- процеси завершення - формалізація виконання проєкту або фази і підведення їх до впорядкованого підсумку.

Ефективне виконання перерахованих процесів вимагає від менеджера проєкту знань в наступних галузях:

- управління людськими ресурсами (Project Human Resource Management);
- управління витратами (Project Cost Management);
- управління змістом (Project Scope Management);
- управління термінами (Project Time Management);
- управління якістю (Project Quality Management);
- управління комунікаціями (Project Communication Management);
- управління ризиками (Project Risk Management);
- управління постачаннями і контрактами (Project Procurement And Contracts Management).

Розглянемо детальніше кожен із них. Галузь знань про управління інтеграцією проєкту включає процеси і дії, необхідні для визначення, уточнення, комбінування, об'єднання і координації різних процесів і дій з управління проєктом в рамках груп процесів управління проєктами. У контексті управління проєктами інтеграція включає такі характеристики як об'єднання, консолідація, зчленування та інтеграційні дії, що є ключовими для завершення проєкту, успішного управління очікуваннями зацікавлених сторін проєкту і виконання вимог.

Галузь знань про управління змістом проєкту складається з планування змісту, тобто створення плану управління змістом проєкту, в якому документується процес формулювання, верифікації і контролю змісту проєкту, а також процес створення і формулювання ієрархічної структури робіт (ICP). Крім того, необхідне підтвердження змісту – формалізація прийняття завершених результатів постачання проєкту. Важливим чинником управління змістом є управління змінами змісту проєкту.

Галузь знань про управління термінами проєкту включає визначення складу операцій, визначення взаємозв'язків операцій, оцінювання ресурсів операцій, оцінювання тривалості операцій, розробку розкладу, а також управління змінами розкладу проєкту.

Галузь знань про управління вартістю проєкту включає процеси, що виконуються в ході планування, розподілення бюджету та контролю витрат, і забезпечують завершення проєкту у рамках затвердженого бюджету.

Галузь знань про управління якістю проєкту об'єднує операції, що здійснюються в організації, яка є виконавцем, визначають політику, цілі і розподіл відповідальності в галузі якості так, щоб проєкт задовольняв тим потребам, для яких він здійснювався. Система управління якістю передбачає набір правил, процедури і процеси по плануванню, забезпеченню і контролю якості, а також операції по їх вдосконаленню.

Галузь знань про управління людськими ресурсами проєкту включає процеси по організації команди проєкту і управлінню нею. Команда проєкту складається з осіб, кожному з яких виконує попередньо обумовлену роль і несе відповідальність за виконання проєкту.

Галузь знань про управління ризиками проєкту включає процеси, що відносяться до планування управління ризиками, їх ідентифікації і аналізу, реагуванню на ризики, моніторингу і управлінню ризиками проєкту.

Галузь знань про управління постачаннями проєкту включає процеси купівлі, придбання необхідних продуктів, послуг.

Коли структура і властивості керованого об'єкту нам не відомі, необхідно використовувати адаптивне управління, яке, додатково до прямих керуючих дій,

направлено на вивчення і зміну властивостей керованого об'єкту. Це уточнення положення об'єкту управління, оцінювання відхилень, адаптація (необхідна зміна) параметрів управління, розрахунок нової траєкторії і корекція для виходу на неї.

Під поняттям "адаптація" розуміється: "процес зміни структури, алгоритмів і параметрів системи на основі інформації, одержуваної в процесі управління з метою досягнення оптимального (в сенсі прийнятого критерію) стану або поведінки системи при початковій невизначеності і мінливих умовах роботи системи у взаємодії з зовнішнім середовищем" [24].

Адаптація використовує навчання і самонавчання для отримання в умовах невизначеності інформації про стани і характеристики об'єкта, необхідної для оптимального управління. Навчання розуміється як процес вироблення в деякому об'єкті тих чи інших властивостей його реакції на зовнішні впливи шляхом багаторазових випробувань і коригувань.

1.3 Вибір перспективного напрямку дослідження

Без сумніву, що це революція в сільському господарстві, створювати саморегулюючий мікроклімат, придатний для росту рослин за допомогою датчиків, приводів, а також систем моніторингу та контролю, які оптимізують умови росту та автоматизують процес вирощування.

Світовий ринок розумних теплиць оцінювався приблизно в 680,3 мільйона доларів США в 2016 році і, як очікується, досягне приблизно 1,31 мільярда доларів США до 2022 року, зростаючи на 14,12% між 2017 і 2022 роками.

Очікується, що ринок буде свідком значного зростання через збільшення населення, зміну клімату та урбанізацію.

Залежно від типу смарт теплиці, її можна розділити на два типи: гідропонний і негідропонний.

У гідропонних теплицях вирощують рослини без ґрунту. Данна технологія вирощування (в субстраті чи на гідропоніці) порівняно з традиційною (в ґрунті) при однаковій урожайності культур дозволяє зберігати близько 50% водних ресурсів. Це також дає можливість утилізувати відходи шляхом активізації інтегрованої

системи для отримання енергії з біомаси. І навіть якщо на даний час бракує біорізноманіття сільгоспкультур для вертикального землеробства та кваліфікованої робочої сили, це не стане суттєвою перешкодою для його розвитку. Прогнозується, що вертикальне землеробство має досягти повної роботизації сектора протягом найближчих 5 років, принаймні у найбільш розвинених регіонах, таких як Франція, де спостерігається потужне зростання галузі. До того ж, за прогнозами аналітиків, у найближчі 20 років населення мегаполісів має подвоїтися.

Негідропонні розумні теплиці домінують на ринку і мають найвищий потенціал зростання за прогнозований період.

Основними технологіями, які використовуються на ринку розумних теплиць, є HVAC, світлодіодне освітлення, комунікаційні технології, системи поливу, транспортування матеріалів, клапани та насоси, а також системи керування. У 2016 році на ринку домінував сегмент світлодіодного світла для вирощування, який використовувався як штучне джерело світла для стимуляції росту рослин [31].

Висока врожайність залежить від багатьох факторів. Не останнє місце в загальному переліку займає грамотна організація системи зволоження. Особливо вона актуальна щодо тих культур, які вирощуються в теплицях.

Система туманоутворення - один з найбільш прогресивних методів зволоження ґрунту та рослин. Суть технології полягає в розпиленні на ділянці дрібнодисперсних частинок води. При цьому відбувається не тільки зволоження ділянки, але і зміна температури. Під час весняних заморозків можливо зігрівання паростків, а в літню спеку за рахунок туману температура може знижуватися на 5-15 градусів.

Варто зазначити, що в 21-у столітті необхідно будувати тепличні підприємства з урахуванням можливості використання альтернативних джерел енергії (геотермальна енергія, енергія вітру та сонця).

Моніторинг та аналіз в реальному часі є важливим, адже власники зможуть переглядати інформацію та здійснювати огляд господарства тільки тоді, коли є конкретна проблема, що вимагає їх уваги, замість того, щоб витратити час на турботу про здорових рослинах.

Якщо поєднати системи обігріву, поливу, освітлення, зашторювання, вентиляції, подачі вуглекислого газу, то утворюється система клімат-контролю. Для контролю параметрами мікроклімату використовується комп'ютер з встановленим програмним забезпеченням, котре забезпечує керування цими системами.

Така розумна система, буде сприяти значній економії платних ресурсів: тепла, радіації, світла, які впливають на ріст, розвиток всіх частин рослин та швидкість проходження процесів. Для контролю показників цих основних опцій по периметру теплиці встановлюються датчики. У залежності від технології вирощування, кількості культур, що вирощується в теплиці обирають різні моделі системи клімат-контролю.

Програмована система клімат-контролю дає змогу підтримувати заданий режим зволоження: час поливу, його тривалість, кількість поливів протягом доби. Її додатково можна оснастити датчиками температури, вологості повітря і ґрунту. Які дають можливість автоматично вмикати - вимикати полив в залежності від зміни кліматичних умов.

Смарт теплиці, які оснащені сучасними датчиками та технологіями комунікації, без участі людини збирають та оброблюють інформацію про навколишнє середовище та врожай у режимі 24/7. Отримувані дані передаються на платформу IoT, де аналітичні алгоритми перетворюють їх у корисну інформацію для виявлення вузьких місць і відхилень. Постійний моніторинг даних полегшує оцінку ризиків хвороб сільськогосподарських культур та інфекцій.

Висновки до розділу 1

1. Природа вносить негативні корективи в погодні умови, котрі знищують майже половину або й навіть більше вирощення овочів.
2. Для захисту від негативного впливу погодних умов на вирощення овочів використовують теплиці. Тенденція кількості теплиць невинно збільшується, із нею активізується і асортимент сільськогосподарських культур.

3. Основною рушійною силою на шляху до якісного та хорошого врожаю в теплицях є системи автоматичного керування мікрокліматом.
4. Для того, щоб підвищити урожайність до 15 %, та заощадити енергоресурси, і зменшення собівартості вирощеної продукції потрібна оптимальна підтримка заданих кліматичних умов, яку досягають за допомогою смарт технологій.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ДИЗАЙНУ ТА МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ КОНФІГУРАЦІЮ ПРОЄКТУ СМАРТ ТЕПЛИЦІ

2.1 Інтелектуальні технології управління мікрокліматом теплиці

Передовими виробниками сільгосппродукції закритого ґрунту на даний момент є США, Нідерланди та Ізраїль. Іноваційні smart технології цих країн вважаються передовими в світі (рис. 2.1). Виробництва smart-теплиць згаданих учасників ринку поєднують високу якість комплектації і сильну науково-дослідницьку базу. Конкурентною перевагою китайських виробників є вартість. Саме завдяки прийнятній вартості частка smart-теплиць Китаю зростає на світовому ринку. Також слід зазначити, що якість та рівень інтелектуальних технологій постійно покращується, що постійно підвищує їх конкурентоздатність. Велика частина вирощеної продукції, як правило, реалізується на внутрішньому ринку. Лише невелика кількість поставок відводяться на імпорт і експорт [36].



Рисунок 2.1 - Сучасна система управління мікрокліматом теплиці

Компанія Sterling Suffolk реалізує проєкт будівництва Hi-tech теплиці в британському Брамфордї. Згідно зі статтею в газеті The Times, потужність підприємства складе 150 млн плодів томатів в рік, а площа - 5,7 га. Вартість проєкту

оцінюється в £ 15 млн. Особливість теплиці полягає в економному використанні електроенергії та встановлення всередині споруди вуликів з бджолами. Теплиця сконструйована таким чином, щоб знизити втрату вуглекислого газу і тепла. Овочі вирощуються за допомогою гідропоніки на кокосовому субстраті. Для досвічування рослин встановлені LED лампи спеціально підбраного рожевого кольору [37].

Українська компанія Green IQ, що працює за технологією аеропоних систем, займається впровадженням розумних теплиць по всій Україні. Обладнання для теплиць пов'язано між собою в єдину систему (рис. 2.2), яка здатна управляти всіма умовами для вирощування різних культур: зелені, овочів, ягід і пряних трав [38].



Рисунок 2.2– Інтелектуальна система компанії Green IQ

Конструкція сучасних теплиць є модульною. Кожен модуль складається з теплоізовованого мобільного контейнера. Усередині такого модуля воду переводять на туман, збагачують його поживними речовинами і киснем, після чого ним живлять коріння рослин.

Для освітлення рослин використовують світлодіоди повного сонячного спектра. Усі процеси в такому модулі: посадки, пересадки і збирання врожаю повністю автоматизовано, щоб виключити фактор людської помилки. За усіма

процесами здійснює контроль програма-агротехнолог, яка на 90% замінює людину.

На сьогодні є кілька платформ для розробки системи віддаленого контролю кліматичних параметрів теплиці. Розглянемо таку систему як Arduino Uno.

Пропоную керуватися поняттям, яке найближче до визначення, даного в наукових матеріалах: "Arduino Uno - це широко використовувана плата мікроконтролерів з відкритим кодом на базі мікроконтролера ATmega328P. У його склад входять все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для програмування всередині схеми (ICSP) та кнопка скидання"

Ця платформа є досить популярною на сьогоднішній час. Насамперед це обумовлено тим, що вона володіє хорошим функціоналом та має приємну вартість. За реалізованими функціями її можна прирівняти до потужних промислових контролерів. Єдиним недоліком такої системи, на мою думку, є необхідність встановлення додаткових модулів для можливості зв'язку та передачі даних через мобільні або інтернет мережі. Саме по собі Arduino представляє собою платформу для розробки електроніки з відкритим, зокрема, кодом. Ця платформа ґрунтується на легкому у освоєнні програмному забезпеченні та легкій у застосуванні.

Платформа Arduino Uno, як і всі інші Arduino-сумісні платформи, програмується в середовищі Arduino IDE. Для роботи з нею в налаштуваннях програми потрібно вибрати потрібну платформу. Це можна зробити у верхньому меню -> Tools -> Boards -> Arduino UNO. Вибір мікроконтролера залежить від того, який стоїть саме на вашій платі. Зазвичай це ATmega328.

Особливості плати ESP8266:

- зручне підключення до комп'ютера – через USB кабель, живлення від нього;
- наявність вбудованого перетворювача напруги;
- наявність 4 Мб флеш-пам'яті;
- вбудовані кнопки для перезавантаження та перепрошивки;
- усі порти виведені на плату на два гребінки з кроком 2,5 мм.

Сфери застосування модуля ESP8266:

- автоматизація;
- різні системи для розумного будинку: бездротове керування, бездротові розетки, керування температурою, доповнення до сигналізаційних систем;
- мобільна електроніка;
- ID мітки;
- дитячі іграшки;
- Mesh-мережі.

В якості датчика температури та вологості було обрано DHT11 тому що цей давач здійснює виміри температури та вологості водночас та має наступні характеристики:

- діапазон вимірювання вологості: 0-100%;
- діапазон виміру температури: 0 - 50 °С - для вимірювання температури в кімнаті цього діапазону достатньо.

Для давача виміру освітлення, було обрано фоторезистор, який має наступні характеристики [43]:

- герметичність корпусу;
- швидкий час відгуку;
- хороші характеристики, широкий діапазон вимірювань;
- навколишня температура \square : -30 - +70;
- час відгуку (мс): збільшення 20, пониження 30;
- низька ціна – 10 гривень за один давач. Принцип роботи: в темряві опір фоторезистора дуже великий, але коли на нього потрапляє світло, цей опір падає пропорційно освітленості.

Датчик вологості ґрунту Arduino (рис. 2.3) призначений для визначення вологості ґрунту, в яку він занурений. Він дозволяє дізнатися про недостатнє або надмірному поливі ваших домашніх або садових рослин. Підключення даного модуля до контролера дозволяє автоматизувати процес поливу ваших рослин, городу або плантації ("розумний полив").

Модуль складається з двох частин: контактної щупа YL-69 і датчика YL-38. Між двома електродами щупа YL-69 створюється невелика напруга. Якщо ґрунт сухий, опір великий і струм буде менше. Якщо земля волога - опір менше, струм - більше. За підсумковим аналоговому сигналу можна судити про ступінь вологості. Щуп YL-69 з'єднаний з датчиком YL-38 по двох проводах. Крім контактів з'єднання з щупом, датчик YL-38 має чотири контакти для підключення до контролера [43]:

- Vcc – живлення датчика;
- GND - земля;
- A0 - аналогове значення;
- D0 - цифрове значення рівня вологості.

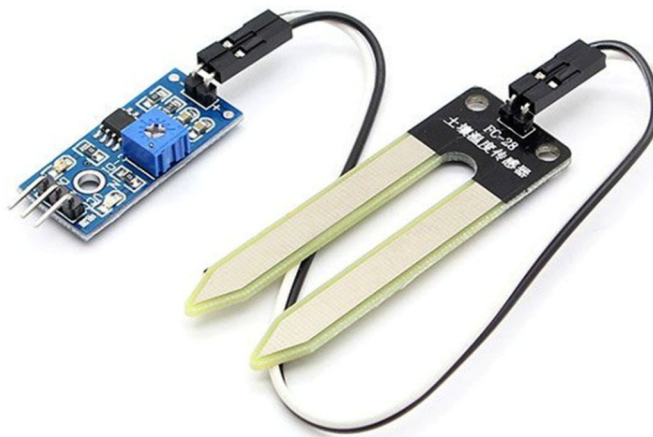


Рисунок 2.3 – Датчик вологості ґрунту

Якщо планується використання датчика в екстремальних (відмінних від ідеальних) умовах, бажано передбачити захист мікросхеми і контактів датчика від попадання бруду і вологи.

Програмне забезпечення (ПЗ; англ. software) — сукупність програм системи оброблення інформації та програмних документів, необхідних для експлуатації цих програм.

Для реалізації даного проєкту використовувалось середовище розробки платформа Arduino IDE.

Реалізуються дані функції на мові програмування C або C++, що була створена для написання системного програмного забезпечення, проте зараз вона часто використовується для написання і прикладного програмного забезпечення.

Java є мовою програмування, за допомогою якої розробники програмного забезпечення (програмісти) створюють різні прикладні додатки для комп'ютерів, смартфонів, планшетів та інших інтелектуальних пристроїв. Особливістю програм на Java є те, що вони можуть запускатись на будь-яких комп'ютеризованих пристроях, які працюють під різними операційними системами, причому без повторної компіляції коду. JRE забезпечує безпечну та зручну роботу додатків на Java, тому користувачі можуть не турбуватись про несанкціоноване втручання до ресурсів свого персонального комп'ютера з боку стороннього Java коду [48].

2.2 Моделювання структури системи управління мікрокліматом смарт теплиці на основі UML

В основу проектування сучасних систем управління мікрокліматом мінітеплиці покладено системну інтеграцію, яка ґрунтується на системному підході, який охоплює всі рівні інтеграції процесів управління мінітеплицею з врахуванням вимог та ефективності їх застосування. Розробляти системи управління мікрокліматом мінітеплиці доцільно на основі комплексного підходу, який охоплює комунікаційні та інформаційно-управляючі технології та системи, сучасну елементну базу, програмне забезпечення з використанням ОС Android, засоби підтримки прийняття рішень і ґрунтується на таких принципах: системності, змінного складу обладнання, відкритості, модульності та використання комплексу базових проєктних рішень.

Управляють мікрокліматом у мінітеплиці за допомогою системи управління, основними компонентами якої є: мікроконтролерна система, мобільний пристрій зв'язку під управлінням ОС Android, множина давачів і актюаторів (рис. 2.7).

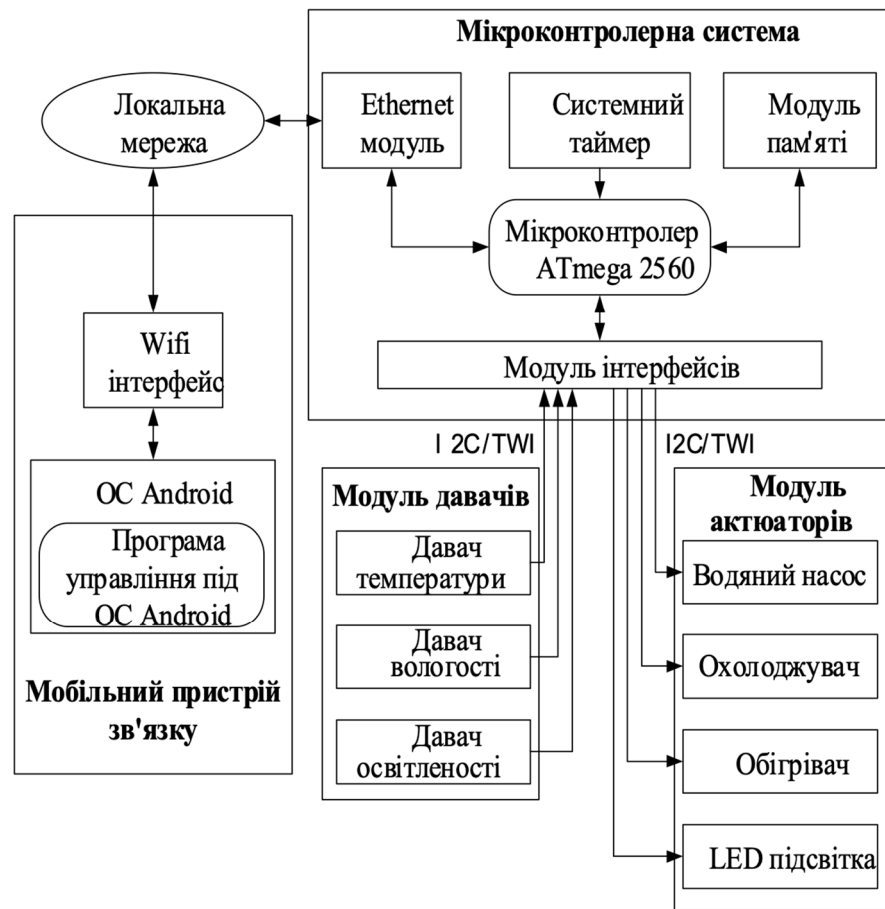


Рисунок 2.7 – Система управління мікрокліматом теплиці

Мікроконтролерна система складається із мікроконтролера Arduino на базі ATmega2560, Ethernet модуля, модуля пам'яті та модуля інтерфейсів.

Мікроконтролер з'єднаний із усіма модулями системи в єдину систему. Він відповідає за автономне управління мікрокліматом мінітеплиці. З цією метою мікроконтролер зчитує через модуль інтерфесів показники датчиків та згідно із внутрішньою програмою керує актуаторами. Актуатор, інакше актюатор (англ. Actuator) — виконавчий механізм або його активний елемент, що перетворює один вид енергії (електричну, магнітну, теплову, хімічну) в іншу (найчастіше — в механічну), що призводить до виконання певної дії, заданої керуючим сигналом.

Програма аналізує межі необхідних параметрів мікроклімату та формує керівні сигнали. У разі наявності зв'язку із мобільним пристроєм управління

мікроконтролер перевіряє, чи наявні зміни у параметрах управління мікротеплицею та перезаписує конфігураційний файл.

Мікроконтролер у свою чергу відповідає за:

- виконання команд отриманих від веб-сервісу;
- відправка поточного стану на веб-сервіс, якщо надійшов запит;
- вимірювання та регулювання температури, вологості та інше.

Користувач виконує наступні функції: задає команди та спостерігає за поточним станом.

Клієнт виконує розпізнавання голосових команд, надає можливість спостерігати за поточним станом, взаємодіє з веб-сервісом.

Веб-сервіс в свою чергу виконує обмін даними, перевіряє Token, генерує унікальний Token.

Мікроконтролер виконує команди отримані з веб-сервісу, відправляє данні на веб-сервіс, вимірює температуру, вологість та регулює температуру та вологість.

UML-діаграма прецедентів подана на рисунку 2.8.

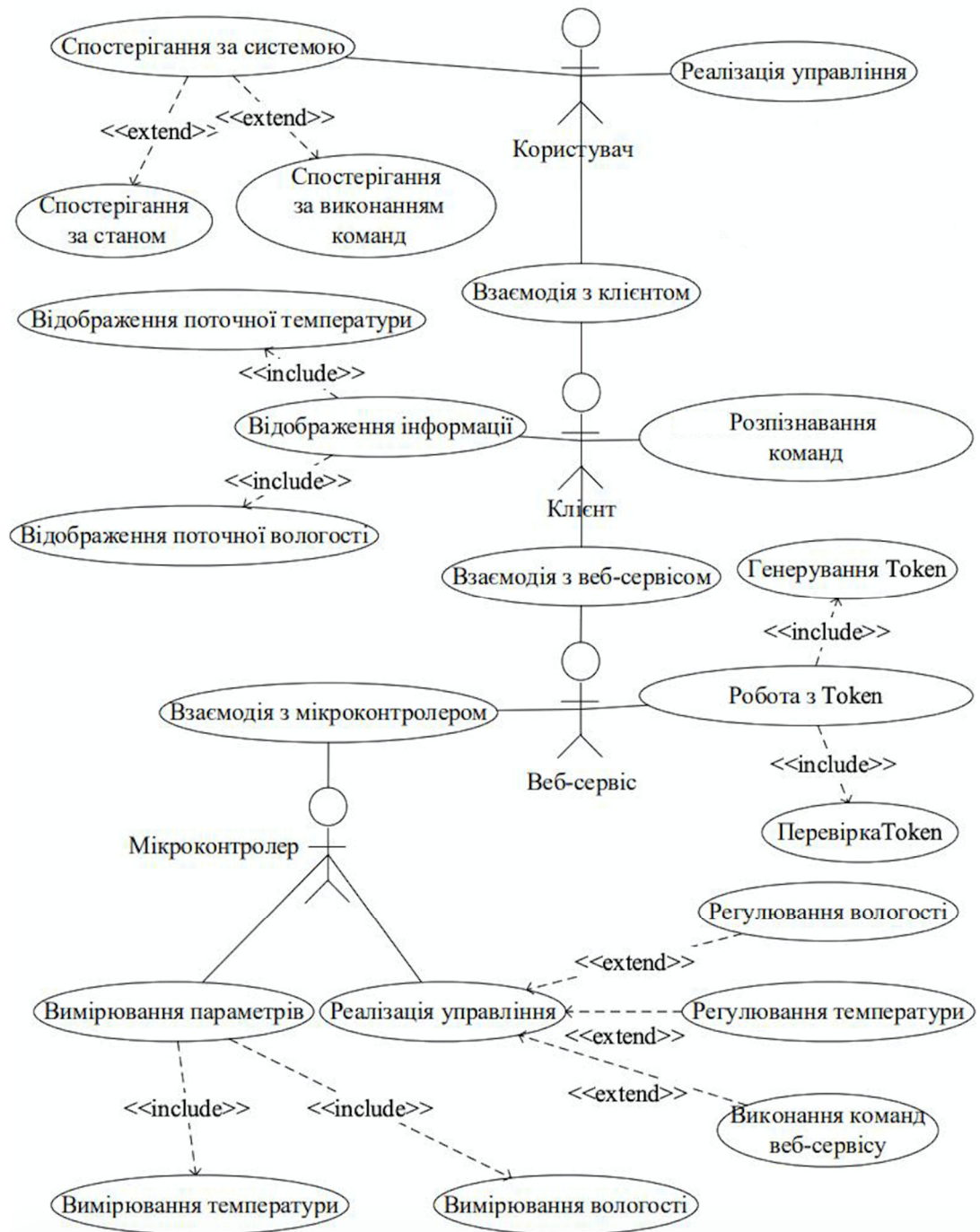


Рисунок 2.8 – UML-діаграма прецедентів

UML-діаграма діяльності – описує складові частини деякої діяльності. UML-діаграма діяльності користувача подана на рисунку 2.9. На ній зображено які дії необхідно зробити користувачу для використання адаптивної системи.

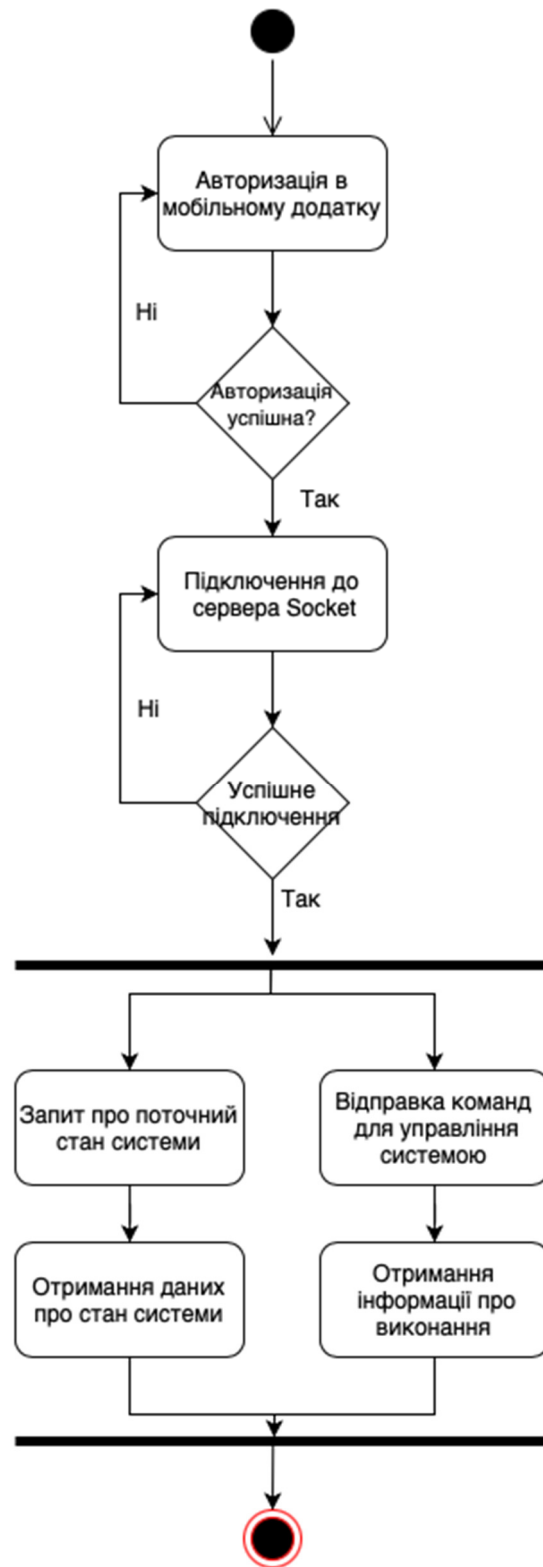


Рисунок 2.9 - UML-діаграма діяльності користувача

На вході в систему відбувається вимірювання перерахованих вище впливів. Якщо вимірне значення потрапляє в нормований проміжок, система перевіряє чи показник не досяг нормованого значення. Якщо вимірне значення не потрапляє в

проміжок – розраховується регульований вплив, а потім виконується. Також користувач має змогу через команди впливати на виконавчі механізми, а саме реле.

UML-діаграма послідовності подана на рисунку 2.10.

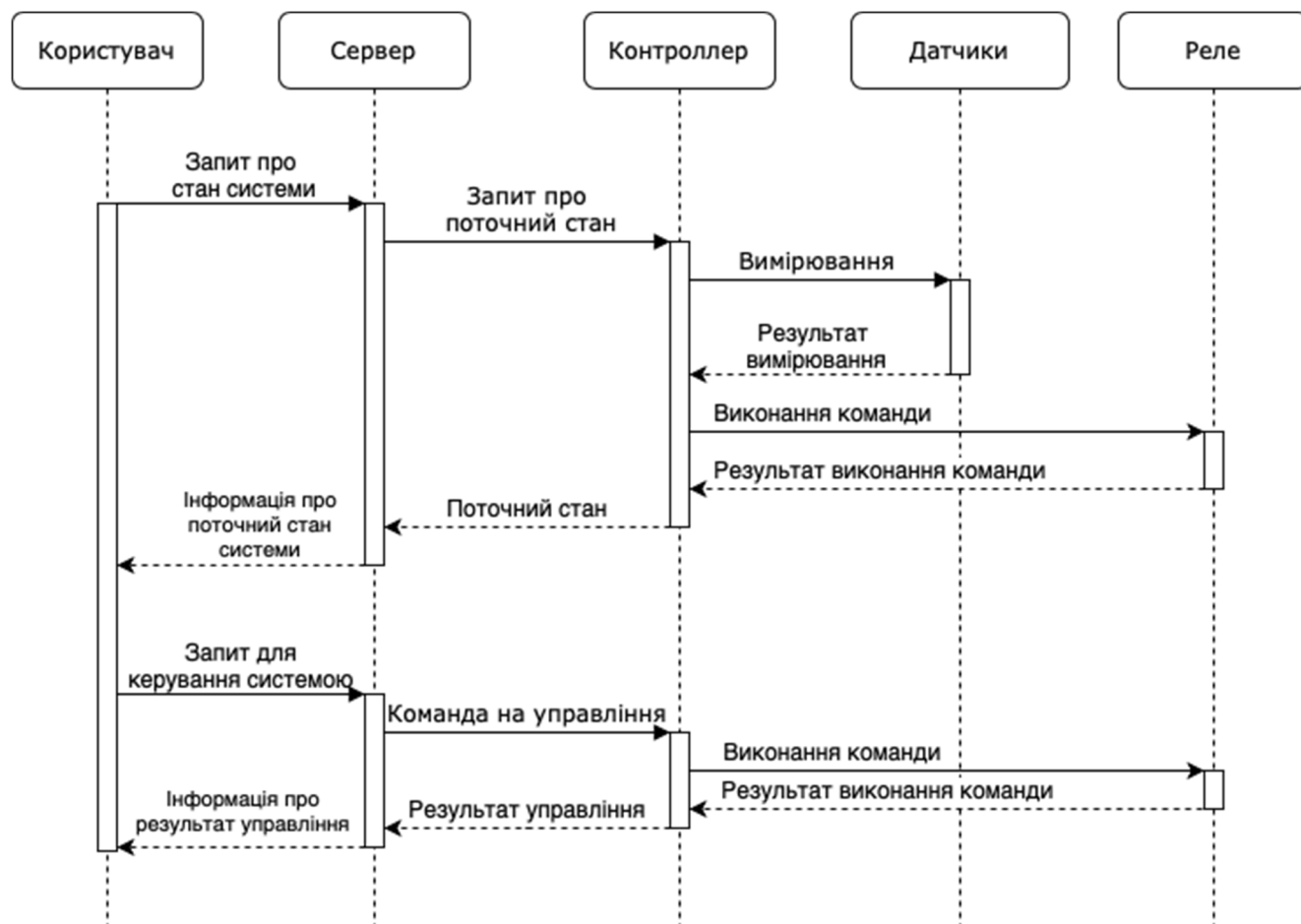


Рисунок 2.10 – UML-діаграма послідовності

Мікроклімат у мінітеплиці залежить від зовнішніх (вологість повітря, зовнішня температура, сила вітру, сонячне освітлення), експлуатаційних (маса повітря, маса ґрунту) і конструкторських (теплопровідність ґрунту та теплоємність рослин) факторів впливу, які варто враховувати при його формуванні.

Схему взаємодії мікрокліматом мінітеплиці наведено на рисунку 2.6, де символи P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 та P8 – температура ґрунту, температура повітря, температура рослинного покриву, вологість повітря, вологість ґрунту, вміст двоокису вуглецю, вміст кисню та освітленість відповідно. Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6 та Y7 – сигнали управління освітленням, провітрюванням, температурним

режимом повітряного середовища, обігрівом ґрунту, приготуванням розчинів, поливом розчином та водяним режимом відповідно; K_1 та K_2 – теплоємність ґрунту та теплоємність рослин відповідно; E_1 та E_2 – маса ґрунту та повітря відповідно.

Розроблена структурна схема даної системи зображена на рисунку 2.6.

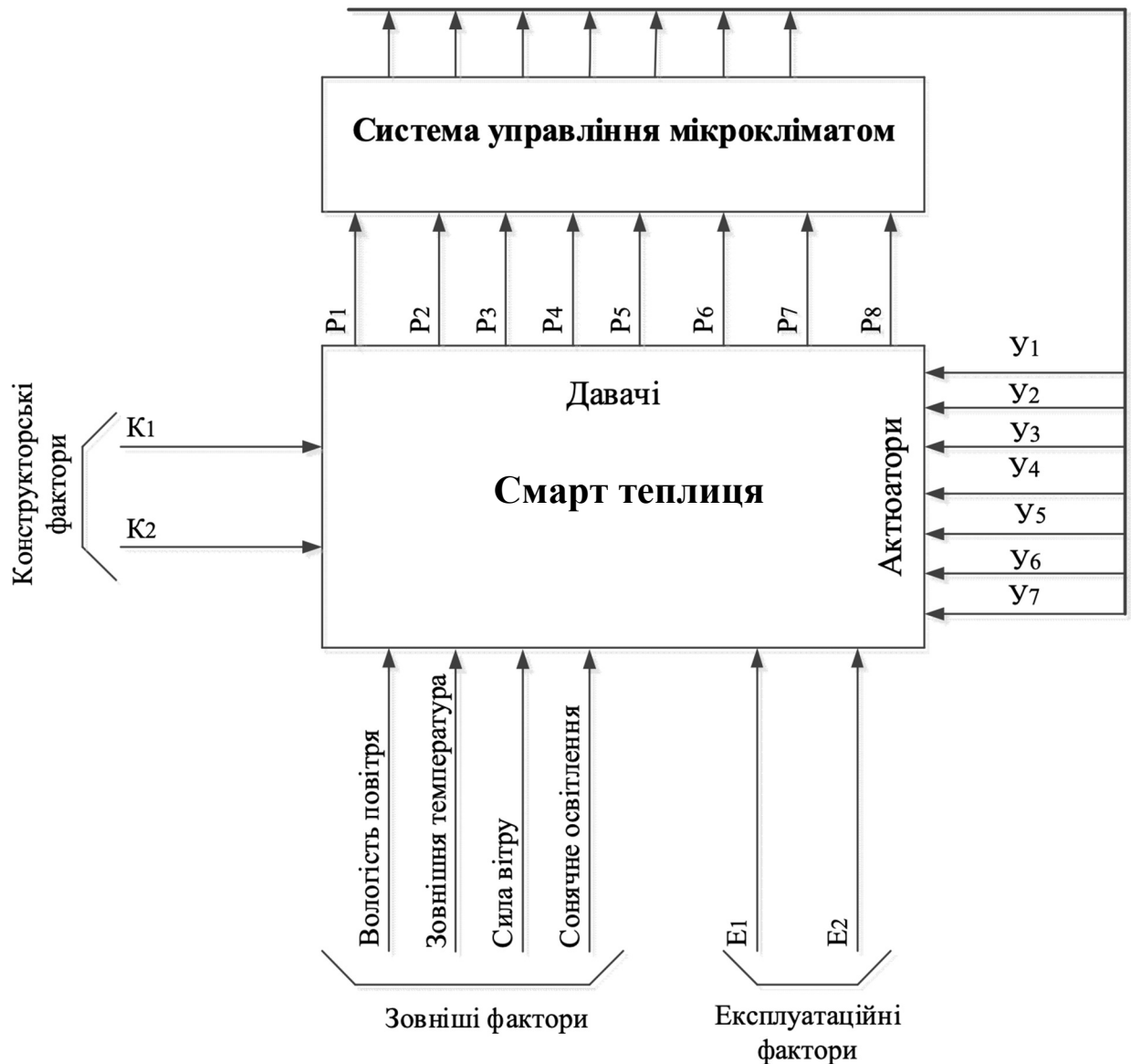


Рисунок 2.6 – Структурна схема інформаційної взаємодії продукту із оточенням

Формування мікроклімату в мінітеплиці залежить від комплексу параметрів: температури, вологості повітря та вмісту кисню в смарт теплиці; зовнішньої температури, швидкості повітря; освітлення, вмісту вуглекислого газу в зоні, де знаходяться рослини. Для регулювання вмісту кисню та вуглекислого газу в

мінітеплиці використовують систему вентиляції, в якій передбачають механічну систему відкриття і закриття верхніх і бічних вікон за допомогою приводів.

Розроблена система повинна вимірювати значення температури, якщо температура перевищує оптимальну, то ввімкнеться реле, яке в свою чергу включить систему охолодження, якщо температура опуститься за нижню допустиму границю, тоді ввімкнеться система обігріву. Якщо вологість ґрунту опуститься за нижню допустиму границю, тоді ввімкнеться система краплинного поливу.

Ефективну роботу смарт теплиці забезпечує система краплинного поливу, яка передбачає виготовлення живлячої суміші і подачі її в проміжну ємність. Подача підживлення регулюється автоматично та здійснюється в певні проміжки часу під кореневу систему кожної рослини. Сигнали управління підсистемою підживлення та дощування формуються на основі опрацювання даних із датчиків температури і вологості. Тривалість циклу поливу від 0 до 15 с та від 1 до 15 хв.

Зволожують повітря в мінітеплиці, розпиляючи воду через форсунки, а поливають ґрунт через систему зрошення за допомогою насосів-дозаторів.

Тепловий режим мінітеплиці підтримують за допомогою систем обігрівання і вентиляції. Найперспективнішим обігрівом мінітеплиць сьогодні є електричний. При електричному обігріві використовують нагрівальні елементи, які генерують тепло індивідуально. Управляють нагрівальними елементами за допомогою терморегуляторів, завдяки чому підсистема обігріву забезпечує високу динамічність і високу точність підтримання температури в заданому діапазоні.

У мінітеплицях для обігріву ґрунту використовують електричні кабелі та мати, потужність яких може бути 75–100 Вт/м. Із обігріванням смарт теплиць тісно пов'язані проблеми енергозбереження, яким сьогодні приділяють багато уваги.

2.3 Адаптивний метод управління проектом

Багато організацій використовують адаптивні методи управління. У проектах з розробки програмного забезпечення активно використовують деякі принципи

agile підходу. Тим не менш, традиційні процеси управління проектами все ще домінують у цій галузі.

Чому керівники проектів так неохоче використовують адаптивне управління? Відповідь криється в людській психології. Існує ряд психологічних упереджень, які заважають людям прийняти адаптивні принципи.

Адаптивні методи не широко прийняті тому, що часто активно протистоїть адаптації – людина. Зокрема, керівники проектів часто не усвідомлюють, що адаптивні методи, швидше за все, принесуть кращі результати проекту, ніж традиційні процеси управління проектами, де план проекту визначається заздалегідь.

Проте у ринковому середовищі, визначити тенденції заздалегідь мало ймовірно. Головне завдання будь-якого суб'єкта бізнесу – це виживання в ринковому середовищі, що припускає довготривалу успішність його діяльності в часі. Цілі завдання виживання проектується на систему планування економічної ефективності (отримання прибутку на поточному часовому інтервалі діяльності, або відкладеній – як отримання майбутнього прибутку на покриття інвестиційних і операційних витрат в ході діяльності). На системному рівні ця надзадача формується як системна ціль.

Оскільки саме визначення системи тісно пов'язано з проблемою планування, тобто з організацій майбутнього руху потоків ресурсів для життєзабезпечення елементів, що становлять систему господарюючий суб'єкт, то рішення задач ефективного планування визначається наявністю деякої безлічі можливостей – різноманітністю, свободою вибору, альтернативністю цілей майбутнього, які визначаються шляхом прогнозування рівня ризику.

У середовищі проектів завжди відбуваються зміни; відкривається нова або додаткова інформація, і особи, які приймають рішення, повинні адаптуватися до нової інформації. Отже кращим методом управління проектами, буде той, який здатний на пристосування до мінливих обставин, а не дотримання застарілих стратегій.

Тенденція до усталених методів дуже поширена в управлінні проектами. Коли з'являється нова інформація про проект і важливо вносити зміни дуже

швидко і без вагань, ця тенденція часто стає перешкодою для прийняття важливих рішень.

Керівники проекту повинні бути готові визнати помилку та пристосуватися до нових обставин. Крім того, навіть якщо окремі менеджери проектів здатні робити корективи проте, корпоративна культура може не підтримувати цього. Вище керівництво часто недовірко ставиться до менеджерів, які відхиляються від усталених методологій.

Тим не менш, здатність до адаптації є відмінною рисою всього життя.

Адаптивне управління – це структурований і систематичний процес для постійного вдосконалення рішень, управлінської політики та практики шляхом навчання на результатах раніше прийнятих рішень.

По суті, адаптивне управління — це «навчатися на власному ході». Це структурований і систематичний процес для постійного вдосконалення рішень, управлінської політики та практики шляхом навчання на результатах раніше прийнятих рішень.

Багато інженерів з різних галузей використовують ряд основних принципів адаптивного управління. У 2001 році група відомих гуру програмного забезпечення зустрілася на курорті Snowbird в штаті Юта і обговорила ефективні процеси розробки програмного забезпечення. Вони придумали так званий «Маніфест для Agile Software Development». Цей документ пропонує ряд основних принципів, які подібні до концепції адаптивного управління:

- регулярна адаптація до мінливих обставин, у тому числі до змін вимог;
- постійна співпраця в проектних командах і з клієнтами;
- ітераційні процеси розробки.

У той же час автори Agile Manifest стверджують, що ефективне адаптивне управління можливе лише в креативному бізнес-середовищі з самоорганізуючими командами та довіреними та мотивованими особами.

Ідеї, пов'язані з гнучким управлінням проектами, швидко поширилися за межі розробки програмного забезпечення. Багато команд і організацій активно застосовують гнучкий підхід до складних проектів. Одним із «родичів» agile

управління проектами є гнучка розробка продукту. Гнучка розробка продукту дає можливість вносити зміни в продукт навіть пізніше в циклі розробки.

Agile управління проектами та інші подібні методи зосереджені переважно на організаційних аспектах процесу адаптації. Найважливішими є два принципи:

- ітераційне прийняття рішень або вибір на основі вивчення результатів раніше прийнятих рішень;
- стратегічна гнучкість або уникнення незворотних рішень.

Адаптивні процеси управління, розроблені екологами, були набагато ширшими. На додаток до організаційних принципів, вони включають методи кількісного аналізу, які допоможуть зробити кращий вибір на основі фактичного виконання проекту, зокрема:

- Багатомодельний аналіз і перевірка гіпотез;
- Вимірювання фактичної продуктивності;
- Кількісний аналіз ризиків проекту.

Ось суть адаптивного управління проектами: проектами керують на основі навчання з фактичного виконання проекту, і ці знання отримують та аналізують за допомогою кількісних методів.

Адаптивні процеси управління можуть бути активними і пасивними. Основна мета пасивного адаптивного управління полягає в тому, щоб включити процес навчання в існуючі підходи до управління. Інформацію, отриману з кожної ітерації проекту, можна використовувати на наступних ітераціях. Таким чином, ризик і невизначеність, пов'язані з кожною ітерацією, можна значно зменшити. Пасивне адаптивне управління використовується як частина agile підходу.

Мета активного адаптивного управління полягає в тому, щоб навчитися шляхом експериментів визначити найкращу стратегію управління. Процес починається з генерування гіпотези, яка передбачає вибір кількох альтернатив для стратегії.

Наступним кроком є створення кількох моделей. У практичному плані ці моделі зазвичай є розкладами проекту з набором ризиків і невизначеностей для конкретної ітерації. Усі альтернативні моделі слід оцінити за допомогою кількісного аналізу. Результатами цього аналізу є тривалість, вартість, ймовірність

дотримання термінів та інші параметри ітерації, які можуть допомогти вибрати альтернативи для виконання.

У більшості випадків буде обрана та виконана лише одна альтернативна модель. Однак у випадках зі значними ризиками та невизначеністю, особливо в проєктах розробки програмного забезпечення, може бути більш ефективним виконання кількох альтернативних моделей одночасно.

Ось приклад того, як можна використовувати активне адаптивне управління:

1. Визначте стратегію проєкту та план проєкту високого рівня. Переконайтеся, що ви забезпечуєте стратегічну гнучкість: залиште простір для скасування попередніх рішень, якщо це необхідно.

2. Розділіть цей план проєкту на кілька етапів або ітерацій.

3. Визначте більш детальний план наступного етапу або ітерації. Не створюйте детальні плани майбутніх ітерацій, оскільки вони можуть змінитися через результати попередніх ітерацій. Цей план повинен містити графік і перелік ризиків. Ви можете створити кілька альтернативних сценаріїв проєкту (графіки проєкту та список ризиків) для однієї фази проєкту.

4. Виконайте кількісний аналіз ризику. Різні сценарії проєкту можуть мати однакову вартість і тривалість, але різний профіль ризику. Кількісний аналіз ризиків проєкту допоможе визначити, що станеться з графіком проєкту, якщо виникнуть певні ризики. Аналізуючи цей «реалістичний» графік проєкту, ви можете вибрати сценарій для виконання.

5. Виконайте один або кілька проєктних сценаріїв і постійно оцінюйте фактичні результати порівняно з початковим планом. Потім знову виконайте кількісний аналіз ризику. Якщо проєкт частково завершено, ви можете краще уявити, які ризики насправді мали місце, а які ні. Крім того, ви повинні мати можливість обчислити ймовірність виникнення ризику, використовуючи дані про продуктивність. Для цього необхідно розробити інструменти вимірювання фактичної ефективності проєкту та кількісний аналіз ризиків частково завершених етапів проєктів. В даний час існує ряд передових інструментів управління проєктами та аналізу ризиків для виконання кількісного аналізу. Ці інструменти

прості у використанні: складна математика буде прихована всередині програмного забезпечення.

Висновки до розділу 2

1. Розроблено UML-діаграми функціонування та розробили систему управління мікрокліматом смарт теплиці.
2. Створена структурна схема інформаційної взаємодії мінітеплиці із оточенням.
3. Розроблено принципи адаптивного управління – це структурована структура управління проектами, а не формалізований процес, якого потрібно суворо дотримуватися. Ця структура може бути адаптована до різних типів проектів та активно використовуються в багатьох галузях, таких як інформаційні технології та охорона навколишнього середовища.
4. Встановлено перше правило адаптивного управління – простота. Якщо адаптивне управління не приносить відчутних переваг і створює додаткові організаційні навантаження, від неефективних процедур слід відмовитися якомога швидше.

РОЗДІЛ 3 АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ СМАРТ ТЕПЛИЦІ

3.1 Планування адаптивної структури управління проектом смарт теплиці

У багатьох проектів вимоги змінюються, і це зазвичай пов'язано з однією або комбінацією кількох речей:

- зміна потреб і переваг клієнтів;
- тенденції ринку, що розвиваються;
- дії конкурентів;
- прискорення технологічних змін;
- нечіткі бізнес-цілі;

Це означає, що вони не відповідають лінійному, традиційному підходу до управління проектами, в якому спочатку потрібно завершити одну фазу, перш ніж почати наступну. Через негативні наслідки жорсткої структури управління проектом до проекту, зростає популярність адаптивних методів в управлінні проектами. Одним з таких методів є адаптивна структура проекту або, гнучкий, адаптивний підхід.

Адаптивна структура проекту, як стверджує доктор Висоцький виникла завдяки двом умовам, які мають дві спільні речі: «цілі були чітко відомі, але рішення не були.»

Більшість сучасних проектів мають однакові характеристики, що ускладнює визначення повних вимог до проекту, особливо спочатку, що, у свою чергу, ускладнює визначення масштабів проекту. За таких обставин наполягати на традиційних лінійних структурах управління проектами — це все одно, що вставляти «квадратні кілочки в круглі отвори».

Адаптивна структура проекту АСП — це ітеративна та адаптивна структура планування проекту, розроблена, щоб допомогти менеджерам проектів реагувати на постійні зміни. Атрибути АСП включають наступне:

- потрібне мислення, яке швидко і якісно реагує на зміни;
- не є універсальним рішенням і, отже, адаптується до постійних змін протягом життєвого циклу проекту;

- використовує планування «точно вчасно», при якому плани складаються тоді, коли вони потрібні, а не за тижні чи місяці наперед;
- дотримується принципу «навчатися шляхом відкриття»;
- прагне щоразу виправляти виявлені недоліки;
- орієнтується на потреби клієнта;
- інтегрується з уже існуючими процесами, такими як розробка програмного забезпечення, вдосконалення процесів та життєві цикли бізнесу, а не навпаки;
- виключає роботу, яка не додає цінності в проект.

Життєвий цикл адаптивної структури проекту складається з п'яти фаз або етапів. Блок-схема п'яти етапів адаптивної структури проекту: [46]

Фаза 1: Визначення обсягу проекту. Ця фаза вимагає серйозної участі клієнта, і тому не варто починати проект без зобов'язань клієнта. Обсяг проекту виникає на початку і залучає представників як вашої організації, так і сторони клієнта, які співпрацюють для виконання процесів визначення обсягу.

Спочатку, слід з'ясувати, цілі проекту, бажаний результат та умови задоволеності проекту, які встановлюють спільну мову та словниковий запас для всіх учасників, а також домовленість про те, як розставляти пріоритети проблем, вирішувати конфлікти та вирішувати проблеми. Тому не дивно, що відсутність чітких цілей є одним з основних факторів, які призводять до провалів проекту.

Потім збирають вимоги. Наприкінці цього процесу створюють два типи документів: огляд документів та структуру вимог.

Огляд проекту : зазвичай це документ на одній сторінці, який містить проблему, цілі та завдання проекту, критерії прийняття успіху, чи ризики, припущення, обмеження.

У заяві про огляд проекту описують цілі, затверджені всіма зацікавленими сторонами. Заява про огляд проекту використовується для оцінки ефективності процесів. Хоча огляд схвалений зацікавленими сторонами на самому початку, він може змінитися під час використання адаптивної платформи проекту. Враховуючи, що спілкування надзвичайно важливе на ранніх етапах життєвого циклу проекту,

ви можете розглянути можливість написати вичерпну заяву про огляд проекту, яка надасть всю необхідну інформацію та вирішить можливі проблеми.

Структура вимог: ієрархічний опис або розбивка вимог проекту.

На цьому етапі менеджери проекту та зацікавлені сторони співпрацюють, щоб визначити загальний обсяг проекту та вирішити, в якому порядку він буде реалізований. Зазвичай вимоги організовуються у зважені позначення, які мають числові значення.

Хоча зацікавлені сторони залучені до цього процесу, керівники проектів та аналітики несуть відповідальність за те, щоб пріоритети розподілялися реалістично. Наприклад, зацікавлені сторони можуть вважати всі вимоги критичними. Щоб уникнути такої ситуації, важливо оцінити наслідки невиконання цих вимог для бізнесу. Також важливо чітко вказати причини, чому певні вимоги не можуть чекати до наступного випуску.

Процес встановлення обсягу проекту включає в себе такі дії:

Вибір та обґрунтувати найбільш підходящої моделі управління проектом (лінійної, ітераційної, інкрементної проактивної чи адаптивної).

Встановити, які з обмежень проекту (обсяг роботи, вартість, час, якість, доступність ресурсів) є критичними та негнучкими, а потім визначити пріоритети відповідно цілі.

Створення спрощеного рівня, на відміну від повної структури розподілу робіт (WBS), щоб розробити оцінку необхідного часу виконання та ресурсів. На цьому етапі менеджери проекту та зацікавлені сторони співпрацюють, щоб визначити загальний обсяг проекту та вирішити, в якому порядку він буде реалізований. Зазвичай вимоги організовуються у зважені позначення, які мають числові значення.

Хоча зацікавлені сторони залучені до цього процесу, керівники проектів та аналітики несуть відповідальність за те, щоб пріоритети розподілялися реалістично. Наприклад, зацікавлені сторони можуть вважати всі вимоги критичними. Щоб уникнути такої ситуації, важливо оцінити наслідки невиконання цих вимог для бізнесу. Також важливо чітко вказати причини, чому певні вимоги не можуть чекати до наступного випуску.

Розставте пріоритети в області трикутника. Трикутник обсягу відображає обмеження якості проекту. Усі обмеження можна класифікувати як адаптивні, негнучкі або компромісні. Адаптивні обмеження є дещо гнучкими, але вимагають оптимізації. Обмеження з можливими компромісами дозволяють компенсувати інші обмеження.

Визначення пріоритетності функціональних вимог проекту щодо застосовних критеріїв, які можуть включати ризик, тривалість, складність, цінність для бізнесу та залежності

Розроблення плану проекту високого рівня та подання його на затвердження.

Фаза 2: План циклу. У типовому водоспаді або традиційній структурі проекту комплексне планування проекту виконується до початку роботи над проектом. Проект розбивається на цикли або ітерації, які в основному є окремими міні-проектами. Кожен цикл повинен забезпечувати один або кілька результатів, і команди повинні ретельно планувати цикли, щоб зробити їх керованими та ефективними. Індивідуальні завдання повинні бути визначені та сплановані відповідно до структури роботи. Менеджери проектів повинні визначити взаємозалежності, визначити терміни та призначити працівників.

Завершення циклів. Коли команда працює над проектом, цикли можна коригувати. Коли мине заздалегідь визначений час, цикл закінчується, і всі завдання, які не були виконані протягом цього циклу, переходять до наступного. Важливо забезпечити чітке спілкування, відзначаючи будь-які запити на зміни та нові ідеї для покращення. Коли команда стикається з будь-якими несподіваними проблемами, їх також слід вирішувати в наступному циклі.

В адаптивній структурі високо рівневе планування відбувається один раз, за яким слідує детальне планування перед початком кожного циклу або ітерації.

На етапі плану циклу заходи включають:

- витяг із WBS роботи, яка є актуальною для цього циклу;
- розбиття отриманої роботи на завдання, встановлення залежностей та визначення порядку виконання завдань. ;
- визначення потреб у ресурсах і призначення завдань членам команди;
- встановлення тривалості завдання;

- завершення розкладу циклу.

План циклу — це перша з трьох фаз, що виконуються повторно — називається циклом адаптації — до завершення проекту. Цикл адаптації також включає побудову циклу та контрольну точку клієнта.

Фаза 3: Побудова циклу. Тепер, коли є план, настає час втілити його в життя. Етап створення циклу включає в себе такі дії:

- початок роботи;
- відстеження змін обсягу та внесення необхідних коригувань;
- припинення роботи після закінчення відведеного часу циклу, що означає, що всі незавершені роботи будуть повторно розглянуті в наступному циклі;
- відстеження та запис усіх запитів на зміни та ідей щодо покращення;
- реєстрація всіх проблем і відстеження статусів їх вирішення.

Фаза 4: Клієнтський контрольний пункт. Фаза контрольної точки клієнта є критичним етапом у житті проект. Це також означає кінець циклу адаптації. Це дуже важлива частина Adaptive Project Framework. На цьому етапі команда повинна перевірити клієнта, щоб оцінити результат циклу. Клієнт повинен оцінити якість результатів і внести корективи до наступного циклу. Очевидно, що цей крок також вимагає співпраці між клієнтом і командою.

На цьому етапі команда проекту разом із клієнтом або його представниками переглядає функції та підфункції щойно виконаного етапу та його результату. Уроки, винесені з огляду, диктуватимуть тон і напрямок наступних дій і наступних циклів адаптації.

На цьому етапі потрібні такі вхідні дані:

- плановані та фактичні функції;
- результати навчання та відкриття;
- банк обсягу, який є сховищем усіх функцій, функцій, ідей та запитуваних змін, які ще не повністю враховані;
- звіти про статус банку.

Після цього етапу процес повторюється знову і знову, поки проект не буде завершено або поки не залишиться бюджет.

Фаза 5: Підсумковий звіт та огляд результатів. Після завершення проекту настав час провести морфологічний аналіз досягнення своїх цілей і завдань.

Чи відповідає він критеріям успіху проекту? Коли проект завершено, керівництво проекту, клієнт і команда повинні оцінити загальний успіх проекту. На цьому етапі вони повинні визначити, чи вдалося команді досягти цілей проекту. Також має сенс робити нотатки, щоб команди могли вчитися на своєму досвіді та використовувати ці знання в майбутньому.

Визначити вдосконалення процесу та зібрати найкращий досвід для майбутніх проектів. Огляд та оцінювання результатів також свідчить про те, що робота над поточною версією рішення завершена.

Для успішного впровадження методології АСП важливо переконатися, що команда готова прийняти зміни та адаптуватися до них. Крім того, АСП передбачає, що клієнт залучений до процесу управління на кожному етапі проекту. Тому важливо будувати довіру. Проте не слід вважати АСП універсальним підходом, а просто підходом, який дозволяє вам адаптуватися. Ця методологія значною мірою спирається на своєчасне планування. Це також максимізує цінність бізнесу і робить клієнта головним, хто приймає рішення.

Замість того, щоб збирати інформацію та аналізувати дані, що може створити видимість нерішучості, керівники проектів приймають незворотні рішення інтуїтивно, виходячи зі свого «інтуїтивного відчуття». Цей стиль забезпечує видимість рішучості та лідерства, незалежно від якості прийнятих рішень.

Насправді дуже важливо проаналізувати, коли і яка додаткова інформація потрібна, скільки ця додаткова інформація буде коштувати, і як очікування додаткової інформації вплине на підсумковий результат проекту. Іншими словами, важливо використовувати адаптивне управління.

3.2 Розробка конфігурації продукту проекту смарт теплиці

Інтелектуальна система контролю мікроклімату призначена для великої аудиторії користувачів. Так як за допомогою розроблених алгоритмів збору, збереження та обробки даних користувачі можуть розташувавши свою смарт

теплицю в будь-якому зручному для них місці та автономно проводити моніторинг параметрів та вносити корективи до контролю мікроклімату теплиці. За рахунок обраного крос-платформенного методу візуалізації даних, управління буде здійснюватися за допомогою мобільного додатку.

Розроблена система є автономною, що дозволяє користуватися нею без виходу користувача в інтернет. Система використовує описане раніше обладнання контролера, реле та усі необхідні датчики. Управління контролера використовується за допомогою хмарних сервісів. Для функціонування самої ж системи потрібен інтернет трафік стандартної швидкості.

Зовнішній інтерфейс системи можна детально розглянути на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Зовнішній інтерфейс системи

Конфігурація системи являє сукупність функцій, програмного та апаратного забезпечення системи, можливі їх комбінації залежно від наявності устаткування, загальносистемних засобів і вимог до продукту.

Для коректної роботи системи керування кліматом теплиці необхідне правильне підключення усіх елементів системи та координація їх роботи.

Датчики світла, фоторезистор, датчик температури DHT11 і модуль вологості ґрунту є аналогові. Для датчика температури ми можемо перетворити аналогові значення в показання температури в градусах Цельсія. Для роботи з

модулем DHT11 будемо використовувати Arduino бібліотеку DHT (потрібно завантажити).

Підключимо всі датчики до плати Arduino Uno та перевіримо їх правильність роботи. Всі дані з датчиків (температури, освітленості та ін.) ми відправляємо в монітор послідовного порту. Проте приймати показники датчиків через послідовний порт не зовсім зручно, тому розробимо більш зручну індикацію показань.

По-перше, реалізуємо показ даних з датчиків на дисплей, по-друге, підключимо світлодіоди, які будуть сигналізувати про настання несприятливих кліматичних умов, що вимагають нашого втручання (наприклад, знижена зволоженість ґрунту, занадто висока температура, недостатня освітленість).

Складемо умови, коли необхідно сигналізувати світлодіодами про настання несприятливих кліматичних умов. Це такі:

- температура повітря > TEMP_DETECT;
- зволоженість ґрунту < MOISTURE_DETECT;
- освітленість < LIGHT_DETECT.

Значення для констант TEMP_DETECT, MOISTURE_DETECT, LIGHT_DETECT самостійно задаємо. При настанні несприятливого параметра буде загорятися відповідний світлодіод, він буде сигналізувати нам, що необхідно зробити відповідні дії:

- включити полив ґрунту;
- включити лампу освітлення;
- включити вентилятор.

Піни Arduino для підключення світлодіодів визначені константами LED_TEMP, LED_MOISTURE, LED_LIGHT.

Поточні значення температури і вологості повітря, зволоженості ґрунту і освітленості будемо виводити на дисплей Nokia 5110. Для роботи з дисплеєм будемо використовувати Arduino бібліотеки Adafruit_GFX і Adafruit_PCD8544.

Додатково до деталей, що використовувалися в першій частині нам знадобляться наступні деталі:

- світлодіод червоний - 3шт;

- резистор 220 ом - 3 шт;
- жк-екран (nokia 5110).

Вибір двоколірного графічного РК-дисплею Nokia 5110 обумовлений його дешевизною і зниженим енергоспоживанням, що дозволяє підключати його до плати Arduino без додаткового живлення(рис. 3.2).

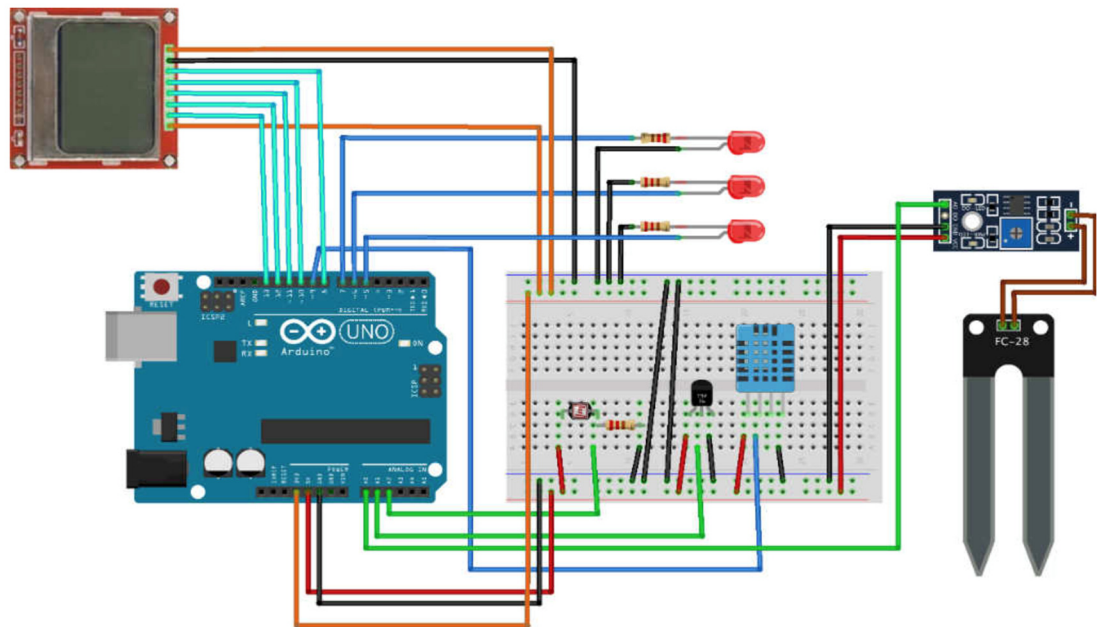


Рисунок 3.2 – Схема підключення для показу даних з датчиків на дисплей

Можна вибрати інший - наприклад WH1602 з інтерфейсом I2C, що дозволяє максимально економити контакти Arduino (всього 2, до яких можна підключати і інші пристрої I2C).

Наступним кроком є реалізація для розумної теплиці функції управління(необхідно організувати полив теплиці, вентиляцію, освітлення).

Додатково до деталей, що використовувалися раніше, нам знадобляться наступні:

- Relay shield на 4 реле - 1 шт;
- Вентилятор 12В - 1 шт;
- Мембранний насос 12В - 1 шт;
- Лампа освітлення - 1 шт;
- Резистор 10 кОм - 3 шт.

Підключати ці деталі безпосередньо до Arduino Uno не можна. Тому будемо керувати ними через реле. Будемо використовувати Relay shield , який містить 4 реле з необхідною обв'язкою рис. 3.3.

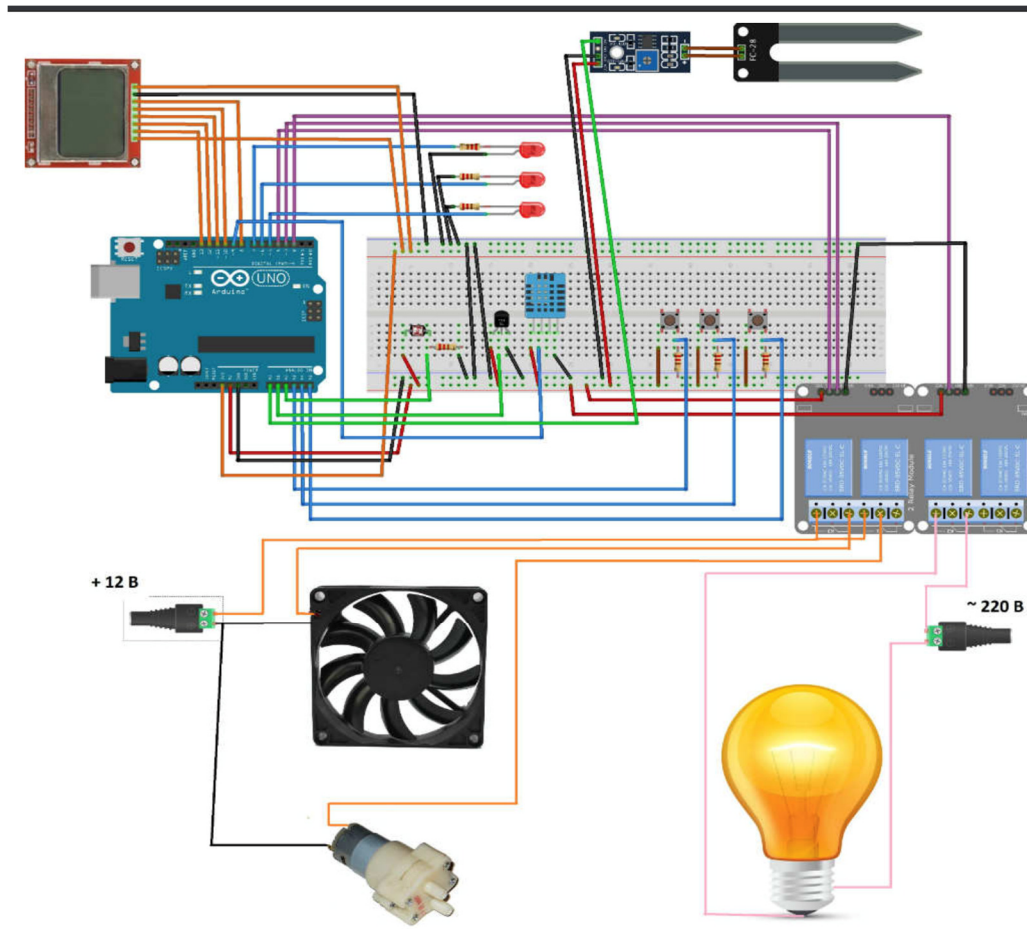


Рисунок 3.3 – Схема підключення для управління мікрокліматом теплиці

Створимо в Arduino IDE новий скетч, занесемо в нього код з лістингу А і завантажимо скетч на плату Arduino. Варто наголосити, що в налаштуваннях Arduino IDE необхідно вибрати тип плати (Arduino UNO) і порт підключення плати.

Після завантаження скетчу на плату, відкриваємо монітор послідовного порту і спостерігаємо висновок значень з показаннями наших датчиків (рис. 3.4).

```

Файл Правка Эскиз Инструменты
smart_greenhouse_01
Serial.begin(9600);
dht.begin();
}

void loop()
{
  // получение данных с DHT11
  float h = dht.readHumidity();
  if (isnan(h))
  {
    Serial.println("Failed to read from DHT11");
  }
  else
  {
    Serial.print("HumidityDHT11= "); Serial.print(h);
  }
  // получение значения с аналогового входа
  int val0=analogRead(pinSoilMoisture);
  Serial.print("SoilMoisture= "); Serial.print(val0);
  // получение значения с аналогового входа
  int val1=analogRead(pinTMP36);
  // перевод в мВ
  int mV= val1*1000/1024;
  Serial.print("TempTMP36= "); Serial.print(mV);
  Serial.print(" Light= "); Serial.print(light);
  Serial.println();
}

```

```

HumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisHumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisture= 531
TempTMP36= 23 C
Light= 589

HumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisture= 530
TempTMP36= 23 C
Light= 586

HumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisture= 530
TempTMP36= 23 C
Light= 607

HumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisture= 530
TempTMP36= 23 C
Light= 598

HumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisture= 531
TempTMP36= 23 C
Light= 668

HumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisture= 530
TempTMP36= 23 C
Light= 621

HumidityDHT11= 38.00 %
SoilMoisture= 530
TempTMP36= 23 C
Light= 576

```

Вгрузили.
32 256 bytes.
Global variables use 376 bytes (18%) of memory.
Local variables use 1 672 bytes for local variables. Maximum stack size is 8192 bytes.
45

Рисунок 3.4 – Результат виконання програми

Для реалізації можливості відстеження даних з датчиків ми будемо використовувати бібліотеку «DHT22». Для отримання показників температури потрібно викликати функцію `dht.readTemperature ()` та для отримання значення вологи повітря викликаємо функцію `dht.readHumidity ()`. Аналогічним чином, але тепер індивідуально для кожного датчика потрібно підключити усі інші елементи системи.

Для роботи з фоторезистором відстеження рівня освітлення, викликається функція `checkLight ()`, яка отримує параметри освітленості в теплиці. Для того щоб система могла взаємодіяти зі світлодіодом – необхідно підключити його до аналогового входу і виконати функцію `analogRead(pin)` типу `void`.

Далі справа за алгоритмом обробки та аналізу отримуваних показань для реалізації підтримки оптимальних умов смарт теплиці за допомогою аналізу інформації з датчиків.

Для зміни вологості ґрунту необхідно вмикати та вимикати помпу, яка буде подавати воду. Для реалізації цього процесу необхідно мати реле-порти.

Підключивши помпу до одну з таких портів, потрібно виконати команду: `void analogWrite (bool)`. Залежно від того яке буде значення, `true` або `false`, помпа буде вмикатися і вимикатися.

Для включення лампи освітлення також необхідно викликати функцію: `void analogWrite (rel, val)` для включення або виключення реле, яке подає напругу на лампу.

Програма функціонує відповідно до наступних кроків:

- завантажуюємо прошивку на мікроконтролер, до якого приєднані всі датчики та на них подається живлення;
- при спрацьовуванні таймера, зібрати інформацію з датчиків (можна виконувати в ручному режимі);
- записуємо отриману інформацію у відповідні змінні, які порівнюються з початковими значеннями ;
- якщо показання датчика відрізняються від ідеальних умов клімату, то регулюємо параметри і відправити в хмарне сховище ;
- якщо показання в межах норми, то продовжуємо функціонувати відповідно до таймеру.

Алгоритм взаємодії з електронними компонентами не складний. Програмний модуль, що функціонує відповідно до вказаного алгоритму, використовує показання датчиків, оцінює мікроклімат і регулює його відповідно до заданих ідеальних умов (контрольних значень).

Після цього необхідно реалізувати зв'язок системи із сервером. Прийнято вважати, що "архітектура клієнт-сервер є одним із архітектурних шаблонів програмного забезпечення та є домінуючою концепцією у створенні розподілених мережних застосунків і передбачає взаємодію та обмін даними між ними".

Дана архітектура передбачає такі компоненти:

- набір серверів, які надають інформацію або інші послуги програмам, які звертаються до них;
- набір клієнтів, які використовують сервіси, що надаються серверами;
- мережа, яка забезпечує взаємодію між клієнтами та серверами.

Так як сервери є незалежними один від одного, то і клієнти також функціонують паралельно і незалежно один від одного. В цій архітектурі немає жорсткої прив'язки клієнтів до серверів. Наприклад, стандартна ситуація, коли один сервер одночасно обробляє запити від різних клієнтів; з іншого боку, клієнт може звертатися то до одного сервера, то до іншого. Клієнти мають знати про доступні сервери, але можуть не мати жодного уявлення про існування інших клієнтів.

Найчастіше клієнт та сервер знаходяться на різних комп'ютерах, але бувають ситуації, коли обидві програми — і клієнтська, і серверна, фізично розміщуються на одній машині. За таких умов сервер називається локальним сервером.

Створимо в Arduino Studio новий клас з назвою `AndroidSocketController.java`, занесемо в нього код з лістингу А.1. Використовуємо бібліотеку `Socket.IO` для реалізації зв'язку між веб-клієнтом та сервером.

`Socket.IO` - це бібліотека JavaScript для веб-застосунків реального часу. Вона забезпечує двосторонній зв'язок у реальному часі між веб-клієнтами та серверами. Бібліотека складається з двох частин: клієнтської бібліотеки, яка запускається у браузері, та серверної бібліотеки для `node.js`. Сокети працюють на основі подій. Існують деякі зарезервовані події, доступ до яких можна отримати за допомогою об'єкта сокету на стороні сервера. Клієнтський API надає нам для користування вбудовані події, наприклад, `з'єднати`, `повідомлення`, `вимкнути`, `пінг`, `connect_error`, `connect_timeout` та ін.

Конфігурація програмного забезпечення системи складається з набору функціональних і технічних характеристик ПЗ, що заздалегідь прописані у технічній документації і реалізованих у продукті. Вхідними елементами конфігурації системи є графік розробки, проектна документація, вихідний виконуваний код, бібліотека компонентів, інструкції з установки і розгортання системи.

Одним із методів візуалізації алгоритму функціонування системи є UML-діаграма діяльності інтелектуальної системи контролю мікроклімату, що зображена на рисинку 3.5.

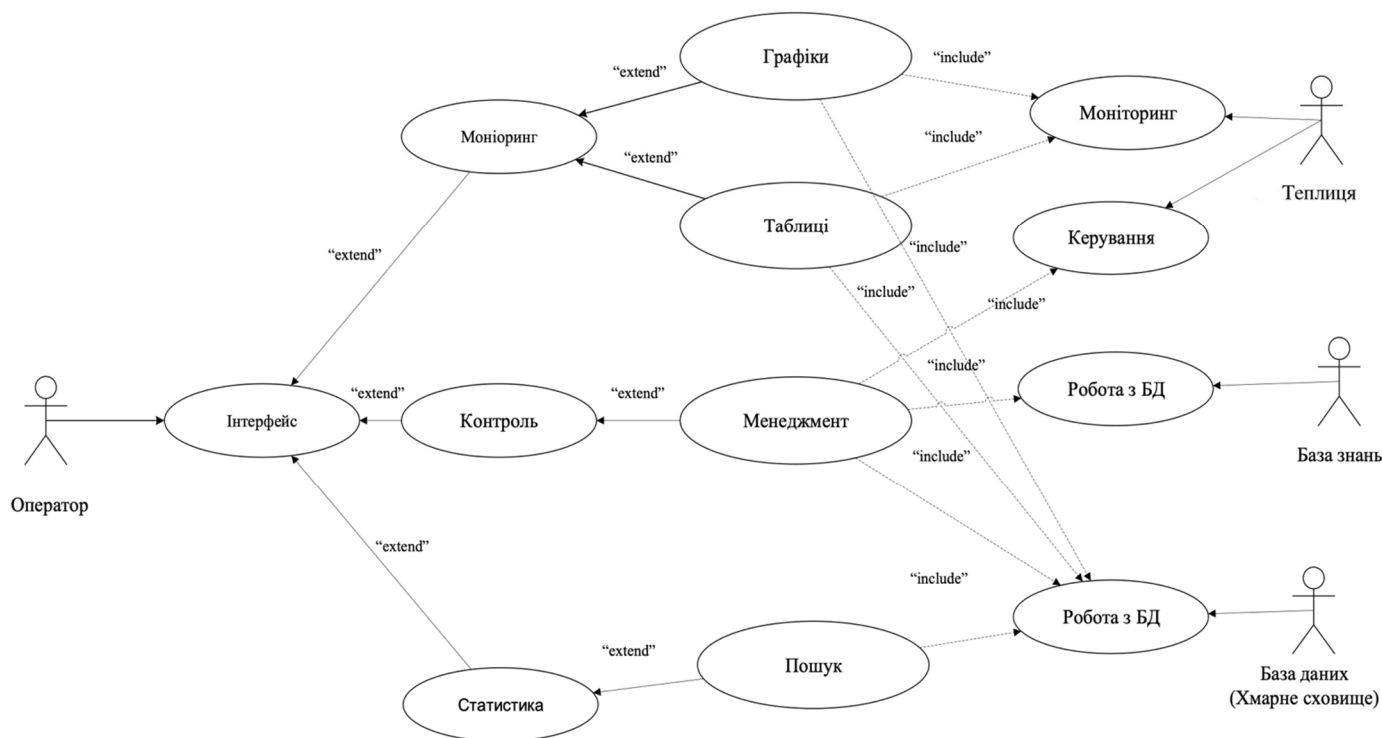


Рисунок 3.5 – UML-діаграма діяльності інтелектуальної системи контролю мікроклімату

3.3 Планування виконання проекту

Для визначення календарних термінів тривалості і завершення проекту в Microsoft Project можна скласти календарний план проекту графік якого у вигляді діаграми Ганта подано на рисунку 3.6. Діаграма Ганта - це один з найбільш наглядних способів графічного подання плану проекту, який застосовують на практиці.

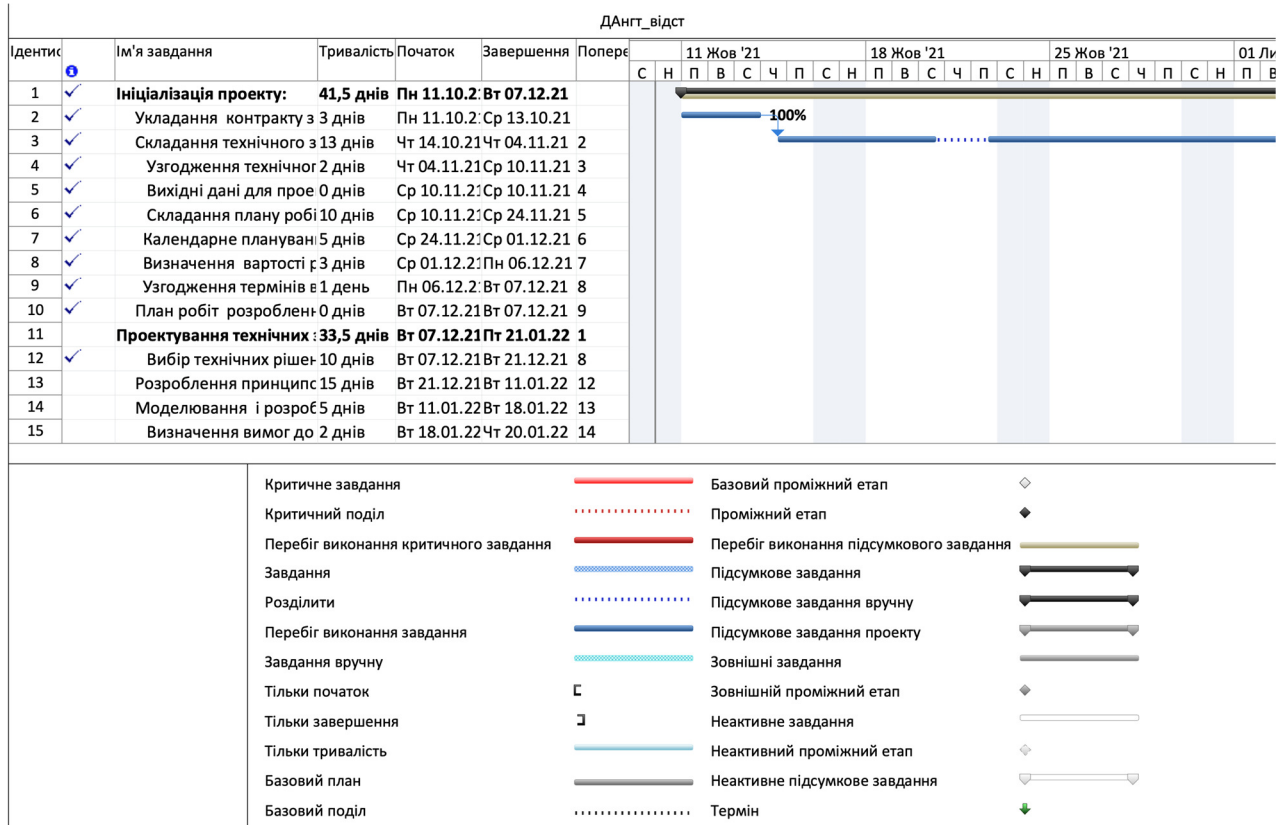


Рисунок 3.6 – Графік календарного плану проєкту у вигляді діаграми Ганта

Діаграма Ганта являє собою графік, на якому по горизонталі розміщена шкала часу, а по вертикалі розташований список задач. Довжина відрізків, що позначають задачі, пропорційна тривалості задач. Поруч із відрізками може відобразитися додаткова інформація, наприклад, назви задіяних у них ресурсів. З діаграми можна одержати інформацію про послідовності задач, їхньої відносної тривалості й тривалості проєкту в цілому.

На рисунку 3.7 подано діаграму Ганта з даними про вартість окремих завдань і проєкту в цілому. Щоб визначити рівномірність завантаження ресурсів, потрібно відкрити «Листок ресурсів». У ньому всі ресурси, завантаження яких перевищує їхню доступність, виділяться червоними кольорами, а у стовпці «Індикатори» поруч із їхніми назвами відображається спеціальний значок. На рисунку 3.8 зображено список ресурсів.

Ідентифікатор	Режим завдання	Ім'я завдання	Робота	Тривалість	Початок	Відомості	11 Жов '21										
							Н	П	В	С	Ч	П	С	Н			
1	✓	Ініціалізація проекту:	296 година	41,5 днів	Пн 11.10.21	Робота											
2	✓	Укладання контракту з Замовник	24 година	3 днів	Пн 11.10.21	Робота	8г	8г	8г								
3	✓	Складання технічного Інженер - дослідник	104 година	13 днів	Чт 14.10.21	Робота	8г	8г	8г			2г	8г				
4	✓	Узгодження технічного Замовник	16 година	2 днів	Чт 04.11.21	Робота						2г	8г				
		Керівник проекту	8 година		Вт 09.11.21	Робота											
5	✓	Вихідні дані для проєкту	0 година	0 днів	Ср 10.11.21	Робота											
6	✓	Складання плану роботи Інженер - дослідник	80 година	10 днів	Ср 10.11.21	Робота											
7	✓	Календарне планування Інженер 2-й	40 година	5 днів	Ср 24.11.21	Робота											
8	✓	Визначення вартості проекту Інженер 3-й	24 година	3 днів	Ср 01.12.21	Робота											
9	✓	Узгодження термінів виконання Інженер 2-й	8 година	1 день	Пн 06.12.21	Робота											
10	✓	План робіт розроблення Інженер	0 година	0 днів	Вт 07.12.21	Робота											
11		Проектування технічних рішень Інженер	308 година	33,5 днів	Вт 07.12.21	Робота											
12	✓	Вибір технічних рішень Інженер	80 година	10 днів	Вт 07.12.21	Робота											
13		Розроблення принципів проектування Інженер 2-й	120 година	15 днів	Вт 21.12.21	Робота											
14		Моделювання і розроблення програмного забезпечення Програміст	80 година	5 днів	Вт 11.01.22	Робота											
		Інженер - дослідник	40 година		Вт 11.01.22	Робота											
15		Визначення вимог до проектування Інженер 2-й	16 година	2 днів	Вт 18.01.22	Робота											
16		Розробка специфікації проекту Інженер - дослідник	8 година	1 день	Чт 20.01.22	Робота											
17		Узгодження вимог до проектування Керівник проекту	4 година	0,5 днів	Пт 21.01.22	Робота											
		Специфікації узгодження	4 година		Пт 21.01.22	Робота											
18		Специфікації узгодження	0 година	0 днів	Пт 21.01.22	Робота											
19		Придбання обладнання	48 година	6 днів	Пн 24.01.22	Робота											
20		Формування списку поставок	8 година	1 день	Пн 24.01.22	Робота											

Рисунок 3.7 – діаграма Ганта з даними про вартість окремих завдань і проекту в цілому

Ид	Назва ресурса	Група	Макс. одиниць	Пиковая загрузка	Стандартная ставка	Ставка сверхурочных	Подробности	15 Янв '18									
								С	Ч	П	С	В	П	В	С	Ч	
1	Рада директорів		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Ініціювання проекту			100%			Трудозатр.										
	Затвердження бюджету			100%			Трудозатр.										
2	Фінансовий директор		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Аналіз варіантів виконання			100%			Трудозатр.										
3	Генеральний директор		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Підпис угоди з керівником			100%			Трудозатр.										
4	Керівник проекту		100%	200%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Підбір команди для виконання			100%			Трудозатр.										
	Планування структури проекту			100%			Трудозатр.										
5	Технічний директор		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Розроблення документів проекту			100%			Трудозатр.										
6	Відділ логістики		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Заключення контрактів			100%			Трудозатр.										
7	Головний механік		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
8	технолог		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
9	Начальник цеху		100%	0%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
10	Головний механік		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Модернізація устаткування			100%			Трудозатр.										
13	Головний технолог		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Налагодження нової технології			100%			Трудозатр.										
14	Начальник цеху		100%	100%	0,007/ч	0,007/ч	Трудозатр.										
	Випуск дослідної партії			100%			Трудозатр.										

Рисунок 3.8 – Список ресурсів проекту

За допомогою фрагменту діаграми календар, яка зображена на рисунку 3.6 можна представити план робіт у звичному для більшості співробітників вигляді.

Понеділок	Вторник	Среда	Четверг	П'ятниця	Суббота	Воскресенье
15	16	17	18	19	20	21
Розроблення документації на внесення змін в модернізацію устаткування; 13 днів						
22	23	24	25	26	27	28
Розроблення документації на внесення змін в модернізацію устаткування; 13 днів						
Заключення контрактів на закупівлю матеріалів; 23 днів						
29	30	31	01	02	03	04
Розроблення документації на €						
Заклучення контрактів на закупівлю матеріалів; 23 днів						
Модернізація устаткування; 23 днів						
05	06	07	08	09	10	11
Заклучення контрактів на закупівлю матеріалів; 23 днів						
Модернізація устаткування; 23 днів						

Рисунок 3.9 – Фрагмент діаграми календар виконання робіт проекту

Ця діаграма відображає інформацію про план проекту у вигляді таблиці з стовпцями, що відповідають дням тижня, і безліччю рядів, що відповідають тижням. Задачі на календарі позначені відрізками, які починаються в день початку робіт над завданням і закінчуються в день їхнього закінчення.

Сітковий графік, який показано на рисунку 3.10, є засобом візуалізації плану проекту.

На сітковому графіку задачі подані у вигляді блоків, з'єднаних стрілками в блок-схему відповідно до взаємозв'язків завдань у плані проекту.

Використання Microsoft Project для управління проектом має ряд переваг: наочні засоби опису комплексу робіт проекту, зв'язків між роботами та їх часовими характеристиками ;

- засоби призначення ресурсів і витрат за окремими задачами проекту і проекту в цілому;
- можливість подання проекту у вигляді ієрархічної структури завдань проекту, що дає змогу вибрати для кожного конкретного випадку необхідний рівень деталізації завдань проекту;
- графічні засоби подання проекту (діаграма Ганта, мережевий графік, календарний план та ін.);
- наявність засобів контролю за ходом виконання робіт, можливість аналізу впливу будь-якої зміни у графіку, ресурсному та вартісному забезпеченні для окремих завдань проекту.

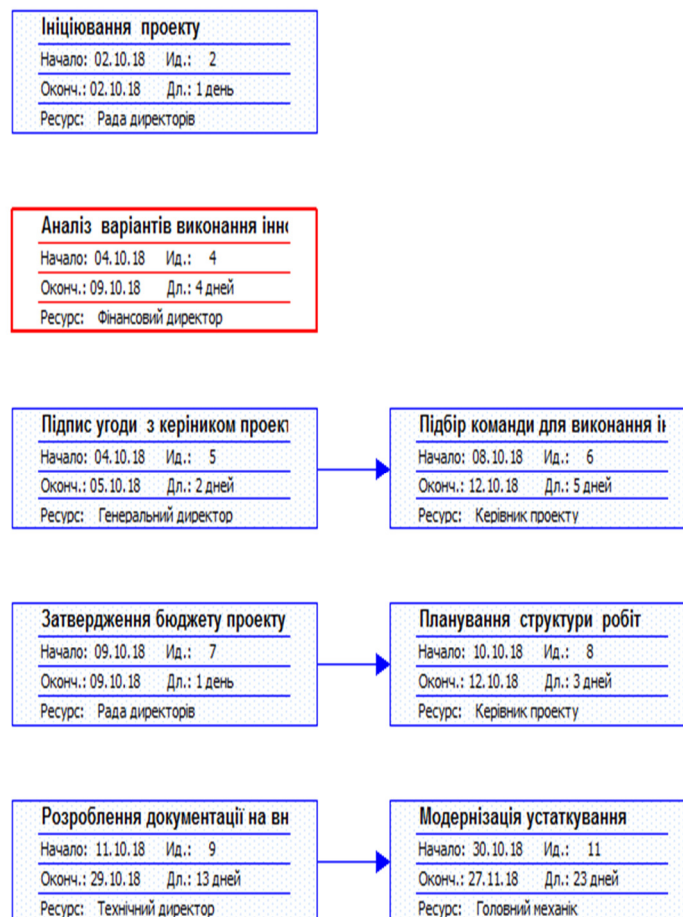


Рисунок 3.10. – Сітковий графік виконання проекту

На основі аналізу альтернативних варіантів, обґрунтовано прийняття рішення впровадити абсолютно нове в галузі інноваційне рішення, шляхом реалізації адаптивного управління проектом смарт теплиці.

Висновки до розділу 3

1. Адаптивне управління це новий метод, розроблений, щоб допомогти командам швидко адаптуватися до мінливого середовища. Цей підхід не ґрунтується на фіксованих ризиках, графіках чи навіть бюджетах. Керівники проекту можуть постійно коригувати всі ці параметри відповідно до цілей проекту та змін у ньому.
2. Розроблено структурну схему підключення для управління мікрокліматом теплиці, також описані структурні елементи для функціонування системи.
3. Для підвищення ефективності управління проектом використано автоматизовані засоби програмної підтримки прийняття проектних рішень (Microsoft Project), за допомогою яких розроблено:
 - Графік календарного плану проекту у вигляді діаграми Ганта.
 - Список ресурсів проекту.
 - Фрагмент діаграми календар виконання робіт проекту
 - Сітковий графік виконання проекту

ВИСНОВКИ

1. Пріоритетним напрямком державної політики є розвиток нових моделей організації виробничої та інноваційної діяльності у промисловості України. Відповідно до «Стратегії розвитку промислового комплексу України до 2025 року», передбачається впровадження новітніх комп'ютерних технологій в управлінні промисловими продуктами, що також свідчить про актуальність даної теми.

2. Завдяки швидким темпам розвитку інформаційних та комунікаційних технологій, появі нових і бюджетних мікропроцесорних пристроїв моніторингу та керування технологічними процесами з вирощування сільськогосподарської продукції, можна досягти бажаного ефекту підвищення ефективності та продуктивності промислових тепличних комплексів.

3. В ході виконання проекту було проаналізовано різні системи розумних теплиць та розроблена система адаптивного управління мікрокліматом смарт теплиці на основі платформи Arduino під ОС Android, за допомогою якої власники теплиці можуть спостерігати як система корегує навколишні зміни, або за допомогою команд керувати приміщенням. Система сигналізує про настання несприятливих кліматичних умов, що вимагають нашого втручання (наприклад, знижена зволоженості ґрунту, занадто висока температура, недостатня освітленість).

4. Обґрунтовано адаптивне управління проектами — це ефективний метод, який дозволяє командам забути про обмеження традиційних підходів до управління проектами. Подібно до традиційних моделей, адаптивне управління також включає етапи визначення обсягу та планування. Адаптивна структура дозволяє ефективну співпрацю між командами та зацікавленими сторонами. Таким чином вони можуть адаптувати проект до мінливого середовища та швидко реагувати на непередбачені виклики. При його використанні він також може допомогти компаніям мінімізувати витрати та максимізувати цінну пропозицію. Тим не менш, слід пам'ятати, що кожен проект унікальний, а адаптивний не можна назвати універсальним підходом, який підходить для проектів усіх видів.

5. Для підвищення ефективності управління проектом використано автоматизовані засоби програмної підтримки прийняття проектних рішень (Microsoft Project), за допомогою яких розроблено:

Графік календарного плану проекту у вигляді діаграми Ганта.

Список ресурсів проекту.

Фрагмент діаграми календар виконання робіт проекту

Сітковий графік виконання проекту

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Населення світу URL: <https://www.worldometers.info/uk/> (дата звернення: 09.04.2021).
2. Стратегії розвитку промислового комплексу України до 2025 року URL: <https://www.me.gov.ua/>.
3. Антонюк, Є. М. Автоматизоване управління мікрокліматом теплиці на основі платформи Arduino// Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення [м. Тернопіль, 15 вересня 2021 р.] - С. 7-9.
4. Антонюк, Є. М. The impact of Artificial intelligence in the everyday lives// Лінгвокультурні коди в економічно-правовому та соціальному дискурсах [м. Тернопіль, 20 квітня 2018 р.] - С. 222-224.
5. Інтернет речей URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей (дата звернення: 02.12.2021).
6. Автоматизуй повністю: як сьогодні людина може спростити своє життя URL: <https://nachasi.com/tech/2021/08/30/avtomatyzuj-povnistyu-yak-sogodni-lyudyna-mozhe-sprostyty-svoe-zhyttya/> (дата звернення: 02.12.2021).
7. Liyanage M. et al. (ed.). IoT security: Advances in authentication. – John Wiley & Sons, 2020.
8. Carisimo E. et al. Studying the evolution of content providers in IPv4 and IPv6 internet cores //Computer Communications. – 2019. – Т. 145. – С. 54-65.
9. Hurtoi, Vlad and Avadanei, Daniel, (2020), IoT Project Management, Informatica Economica, 24, issue 3, p. 75-80, URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:aes:infoec:v:24:y:2020:i:3:p:75-80>.
10. Rajput S., Singh S. P. Identifying Industry 4.0 IoT enablers by integrated PCA-ISM-DEMATEL approach //Management Decision. – 2019.
11. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основи менеджменту
12. Brewer J. L., Dittman K. C. Methods of IT project management. – Purdue University Press, 2018.
13. Copola Azenha F., Aparecida Reis D., Leme Fleury A. The role and characteristics of hybrid approaches to project management in the development of technology-based

products and services //Project Management Journal. – 2021. – Т. 52. – №. 1. – С. 90-110.

14. Barbosa A. P. F. P. L. et al. Configurations of project management practices to enhance the performance of open innovation R&D projects //International Journal of Project Management. – 2021. – Т. 39. – №. 2. – С. 128-138.

15. Nicholas J. M., Steyn H. Project management for engineering, business and technology. – Routledge, 2020.

16. Данченко О. Б. и др. Ідентифікація та аналіз ризиків проєктів ІТ-аудиту. – 2021.

17. Слобожан І. А. Програмна система управління ІТ-проєктами. – 2021.

18. Сагайдак М. П., Сагайдак М. П., Діденко Р. В. Гнучке управління проєктами ІТ-підприємств. – 2021. – С. 45.

19. Haug, A., Shafiee, S., & Hvam, L. (2019). The costs and benefits of product configuration projects. Computers in Industry, 105, 133 - 142. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.11.005> (дата звернення: 02.12.2021).

20. J. Ruan et al., "A Life Cycle Framework of Green IoT-Based Agriculture and Its Finance, Operation, and Management Issues," in IEEE Communications Magazine, vol. 57, no. 3, pp. 90-96, March 2019, doi: 10.1109/MCOM.2019.1800332.

21. Albers C. Bewertung und Auswahl von Vorgehensmodellen im IT-Projektmanagement–Ein Ansatz für die Unternehmenspraxis //Neue Algorithmen für praktische Probleme. – Springer Vieweg, Wiesbaden, 2021. – С. 21-38.

22. Riedl R. VERÄM-Veränderungsmanagement //Management von Informatik-Projekten. – De Gruyter Oldenbourg, 2019. – С. 407-420.

23. Адаптивна система (теорія управління) URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Адаптивна_система_\(теорія_управління\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Адаптивна_система_(теорія_управління)) (дата звернення: 09.04.2021).

24. Carden L., Kovach J. V., Flores M. Enhancing human resource management in process improvement projects //Organizational Dynamics. – 2021. – Т. 50. – №. 2. – С. 176.

25. Скрипник Д. Ю., Бєседіна Г. Є. Якість управління персоналом та її соціально-економічна сутність. – 2020. – С. 45.

26. Haug, A., Shafiee, S., & Hvam, L. (2019). The causes of product configuration project failure. *Computers in Industry*, 108, 121-131. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compind> (дата звернення: 09.06.2021).
27. Бойко Н. І. Багатовимірне подання даних для управління ІТ-проектами Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Інформаційні системи та мережі : збірник наукових праць. – 2015. – № 814. – С. 387–394.
28. Всі види і конструкції теплиць – огляд модифікацій з фото і поради щодо вибору URL: <https://valest.com.ua/konstrukcii-teplic-i-ih-vidi-ogljad-vsih-variantiv/> (дата звернення: 09.06.2021).
29. Вертикальні теплиці надприбутки URL: <http://novateplica.com.ua/vertikalni-teplici/> (дата звернення: 09.06.2021).
30. Аеропоніка: успішний бізнес без ґрунту URL: <https://aggeek.net/ru-blog/aeroponika-uspishnij-biznes-bez-gruntu> (дата звернення: 09.06.2021).
31. Construction of Greenhouse URL: <http://agrotechnical.net.ua/> (дата звернення: 09.07.2021).
32. Greenhouse in 2023 URL: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/obsyag-svitovogo-rinku-smart-teplic-dosyagne-1-08-mlrd-do-2023-roku> (дата звернення: 09.01.2021).
33. CMF Groupe URL: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/obsyag-svitovogo-rinku-smart-teplic-dosyagne-1-08-mlrd-do-2023-roku> (дата звернення: 15.06.2021).
34. Чайковська М. П. Комплексний підхід моделювання в управлінні іт-проектами. Економічний вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". - 2014. - № 11. - С. 590-596. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukpi_2014_11_90 (дата звернення: 09.06.2021).
35. Поширені опалювальні системи для теплиць URL: <https://bilux.ua/ua/heat-greenhouse-most-optimal-ukr/> (дата звернення: 28.01.2021).
36. Carden L., Kovach J. V., Flores M. Enhancing human resource management in process improvement projects //Organizational Dynamics. – 2021. – Т. 50. – №. 2. – С. 100776.
37. Richter M. Zehn Jahre Green City Freiburg //Stadtmarketing. – Springer Gabler, Wiesbaden, 2019. – С. 269-290.

38. Greenhouse in 2023 URL: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/obsyag-svitovogo-rinku-smart-teplic-dosyagne-1-08-mlrd-do-2023-roku> (дата звернення: 09.06.2021).
39. Апаратне забезпечення URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Апаратне_забезпечення (дата звернення: 09.06.2021).
40. Ahmed E. Q. et al. Design and implementation control system for a self-balancing robot based on internet of things by using Arduino microcontroller //Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2021. – Т. 9. – №. 3. – С. 409-417.
41. Silva A. L. et al. A study of strain and deformation measurement using the Arduino microcontroller and strain gauges devices //Revista Brasileira de Ensino de Física. – 2018. – Т. 41.
42. Arduino Uno URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno (дата звернення: 23.01.2021).
43. DHT11 Sensor and Its Working URL: <https://www.elprocus.com/a-brief-on-dht11-sensor/> (дата звернення: 09.06.2021).
44. Ванько В. М. Мочурад О.П. Особливості побудови вимірювальних систем на основі платформи ARDUINO – 2018. С. 2–3.
45. Arduino URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino> (дата звернення: 15.04.2021).
46. Why to Learn C Programming? URL: <https://www.tutorialspoint.com/cprogramming/index.htm> (дата звернення: 09.06.2021).
47. Arduino IDE URL: <https://www.arduino.cc/en/main/software> (дата звернення: 09.06.2021).
48. Neumann J. E., Plümicke M. Model-Driven-Development im Java-TX Projekt. - Baden-Wuerttemberg Cooperative State University Stuttgart Department of Computer Science – 2020. – С. 45